N° 10 31 MAI 1938

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : L. OLIVIER (1890-1910).
Directeurs : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

Directeur :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris
La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Sciences naturelles.

L'état hygrométrique sur le littoral et sur les plateaux algériens.

L'humidité atmosphérique est un facteur du climat important à connaître; ses effets sur la végétation ou sur les animaux — sur la santé des êtres humains, en particulier, — ne sont pas négligeables. Cependant notre documentation sur l'hygrométrie algérienne n'est pas aussi étendue que l'on souhaiterait ce qui, d'ailleurs, ne peut surprendre si l'on réfléchit aux difficultés, si légères soient-elles, que présentent les observations et l'entretien d'un psychromètre. De là, sauf pour quelques stations principales, les lacunes fréquentes, parfois étendues dans les séries annuelles d'observations. Nombreuses sont les moyennes sujettes à révision ou qui devraient porter sur un plus grand nombre d'années d'observations complètes.

Sous ces réserves, nous nous sommes proposé de comparer l'état hygrométrique de régions nettement différentes soit par leur éloignement de la mer soit par leur altitude : littoral, plateaux et hauts plateaux algériens et, comme contraste, les valeurs obtenues à Tamanrasset, en plein Sahara. Nous considérerons 16 stations caractéristiques, groupées dans le tableau présenté plus bas et choisies dans l'importante documentation publiée par l'Institut de Physique du Globe et de Météorologie d'Algérie.

Pour chaque année les douze moyennes mensuelles de l'état hygrométrique d'une station donnée comportent, évidemment, une moyenne minima et une moyenne maxima. Nous avons totalisé séparément ces minima et ces maxima portant sur un certain nombre d'années d'où l'on déduit la moyenne correspondante. D'autre part nous donnons l'état hygrométrique moyen annuel de chaque station.

Lorsque les observations sont interrompues, il est possible d'obtenir de façon approchée la moyenne annuelle en utilisant les moyennes en minima (m) et les maxima (M) : c'est la moyenne annuelle *calculée*: $\frac{m + M}{2}$; cette valeur diffère de la moyenne *observée* sur des années ininterrompues d'observations, d'une quantité variant de — 3,0 à + 0,6 pour les stations envisagées.

L'état hygrométrique est une valeur relative, n'indiquant que la fraction de saturation de l'atmosphère à un instant donné; or, on devrait logiquement compléter ce renseignement par l'indication de la température de l'air d'où la possibilité de déduire la tension et le poids de la vapeur d'eau[1].

Cependant, en se plaçant au point de vue spécial de la physiologie, importe-t-il de connaître exactement la tension de vapeur et le poids de vapeur d'eau dans un volume donné d'air ou, plutôt, la fraction de saturation de l'atmosphère dans laquelle sont plongés les organismes vivants? L'être vivant ne réagit pas de même lorsqu'une petite quantité de vapeur d'eau sature l'air par temps froid ou lorsque, en été, une quantité beaucoup plus forte de vapeur éloignée en son point de saturation, donne l'impression que l'air est sec.

1. Les Bulletins mensuels de l'Institut de Physique du globe d'Algérie mentionnent toujours la tension de vapeur et le poids de vapeur d'eau par mètre cube.

ÉTAT HYGROMÉTRIQUE

Altitude	STATIONS	Temp^re moyenne	MOYENNES des Min. moyen mens.	MOYENNES des Max. moyen mens.	Moyenne annuelle observée	Moyenne annuelle $\frac{m+M}{2}$ calculée	NOMBRE D'ANNÉES d'Observations
mètre	I. — *Littoral.*						
90	El Ançor (près d'Oran)	18°1	60.5	79.1	70.2	69.8	11 années d'observ. complètes.
10	Castiglione	17°8	66.5	80.1	(74.8)	73.3	9 années, dont 4 complètes.
59	Alger (Université)	18°1	61.2	72.2	68.2	66.7	15 années d'observ. complètes.
48	Maison Carrée	20°8	69.6	82.0	75.7	75.8	10 — — —
42	Philippeville	14°6	64.7	80.0	(71.7)	72.3	14 années, dont 4 complètes.
10	La Calle	18°7	61.7	79.1	71.5	70.4	12 — — 11 —
	Moyennes...		63.5	78.7	72.0	71.6	
					Différ. 0,4		
	II. — *Vallée du Chéliff.*						
112	Orléansville	13°0	42.0	75.0	(61.4)	58.4	21 années, dont 13 complètes.
					Différ. 3,0		
	III. — *Plateaux.*						
889	Vialar		39.2	80.5	.....	59.8	11 années, dont 2 complètes.
942	Fort National	13°1	43.6	81.2	(64.9)	62.4	17 — — 6 —
1079	Sétif	12°3	38.8	78.7	59.4	58.7	19 — — 12 —
1041	Batna	12°0	37.0	75.0	55.6	56.0	17 — — 10 —
863	Tébessa	14°0	35.4	73.0	(56.0)	54.2	15 — — 6 —
	Moyennes...		38.8	77.7	59.0	58.2	
					Différ. 0,8		
	IV. — *Hauts-Plateaux.*						
1320	Géryville	12°0	24.5	(70)	(47)	(47)	12 années, dont aucune complète.
1160	Djelfa	12°1	42.2	78.0	(61)	(60.1)	17 années, dont 9 complètes.
	Moyennes...		33.3	(74)	(54)	(54)	
	V. — *Sahara.*						
1350	Tamanrasset (Hoggar)	22°4	19.1	29.8	23.4	24.4	3 années d'observ. complètes.
					Différ. 1,0		
	Terme de comparaison.						
50	Paris	10°2	—	—	79	—	

L'état sanitaire est meilleur lorsque la fraction de saturation est faible, qu'il s'agisse des animaux ou des végétaux; à propos de ces derniers, on peut bien dire que la pathologie végétale est une science qui n'aurait jamais vu le jour si notre atmosphère était plus sèche qu'elle n'est en réalité. Les invasions cryptogamiques ne sévissent pas lorsque les vents brûlants et secs balayent les vignobles du littoral algérien; elles apparaissent quand la vapeur d'eau sature les couches d'air voisines du sol.

La lecture du tableau ci-dessous nous montre clairement que l'état hygrométrique moyen annuel décroît du rivage aux plateaux et hauts plateaux, la vallée du Chéliff étant mise à part; il en est de même de la moyenne des mois à humidité minima. Pour les maxima, les différences sont pratiquement nulles entre le littoral et les plateaux. En ce qui concerne le Sahara, les chifres moyens portés sur notre tableau n'ont toute leur signification que si l'on signale les extrêmes absolus, 8 et 98, montrant toute la gamme des valeurs observables dans les stations telles que celles de Tamanrasset.

M. R.

REVUE DE PHYSIQUE (1938)

MOUVEMENTS DES PARTICULES CHARGÉES PLACÉES DANS DES CHAMPS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

La science a principalement pour objet d'expliquer et de prévoir les phénomènes naturels. Pour atteindre ce but, le savant utilise divers modes de raisonnement que l'on peut ranger dans deux groupes principaux :

Suivant les modes de raisonnement du premier groupe on étudie le phénomène dans son ensemble. Un système quelconque se ramène alors à un certain nombre de grandeurs qui définissent l'état du système. Pour un gaz, par exemple, ce sera sa pression, son volume, sa température. Dire qu'il y a phénomène physique, c'est dire qu'il y a modification des valeurs qui mesurent ces grandeurs et les lois naturelles ne sont autre chose que les relations nécessaires d'interdépendance qui relient entre elles les variations de ces diverses grandeurs et ces grandeurs elles-mêmes.

Comme on le voit, dans ce cas, aucune hypothèse n'est nécessaire : un phénomène s'est passé, on mesure les variables qui le définissent, on cherche la relation qui les lie et l'on exprime les résultats dans le langage mathématique quand la chose est possible. L'incertitude réside dans le choix des variables et l'hypothèse se réfugie alors dans l'utilisation de quelques grands principes : c'est le triomphe de la thermodynamique qui connut à la fin du siècle dernier un si brillant essor.

Les modes de raisonnement qui appartiennent au deuxième groupe sont d'une tout autre nature. Le savant imagine pour les divers constituants de son système, un ou plusieurs « modèles ». Il imaginera, par exemple, que les gaz sont formés de molécules, que ces molécules sont formées elles-mêmes d'atomes et que ces atomes sont constitués par des charges positives et négatives, etc... Ces hypothèses lui sont suggérées par un certain nombre de faits expérimentaux, et il applique ensuite à ces « modèles » les déductions de la logique pour retrouver d'autres faits et prévoir de nouveaux résultats qu'il vérifie par l'expérience.

Il faudra, pour cela, que ces modèles obéissent à certaines lois. Pour déterminer celles-ci, il opèrera, en général, par analogie; des analogies mécaniques, par exemple. Pour reprendre le cas indiqué ci-dessus, il supposera que les atomes subissent entre eux des chocs élastiques. Quelquefois, il sera obligé d'imaginer de toutes pièces les relations élémentaires d'interdépendance. C'est ainsi qu'il sera conduit dans le domaine subatomique à des lois qu'il ne rencontre nulle part dans le domaine macroscopique.

Un tel procédé n'entraîne la conviction que si des modèles relativement simples permettent de retrouver, par déduction, un grand nombre de faits expérimentaux. *L'expérience reste le maître et doit conduire à tout un faisceau de preuves.* Dans ce cas, l'esprit perd de vue l'arbitraire du point de départ et considère le modèle comme l'expression même de la réalité.

Un tel procédé de recherches s'est montré d'une fécondité extraordinaire depuis 40 ans. C'est toute la théorie atomique et l'apparition du discontinu dans les sciences avec son importante conséquence mathématique : le développement du calcul des statistiques et de celui des probabilités.

Ce développement de la théorie atomique conduit à des résultats si remarquables que nous croyons avoir vraiment saisi là une nouvelle part de vérité. L'atome n'est plus pour nous un « modèle » mais l'expression même de la réalité. Ces brillants succès sont, du reste, encore très loin d'être épuisés et une revue de physique en 1938 doit considérer que c'est là la direction dominante de la science d'aujourd'hui.

Mais l'atomisme constitue encore un domaine très vaste qui peut, lui-même, être subdivisé en deux grands chapitres.

Dans le premier on étudiera les phénomènes qui impliquent la présence d'un très grand nombre d'atomes, (étude des substances matérielles et de leurs propriétés par exemple.)

Dans le second, on s'occupe de ce qui est à la base même de ces phénomènes, à savoir la structure des atomes et leurs propriétés en tant que particules élémentaires.

C'est dans cette voie que nous allons nous engager, car d'importantes découvertes ont été faites ces dernières années dans cette « physique de l'atome ». Ces progrès concernent tout d'abord la structure même de l'atome ou plus exactement la structure des noyaux des atomes. Le développement de cette physique nucléaire a été considérable et un article ultérieur sera spécialement réservé à cette question.

Mais ces progrès concernent aussi certaines propriétés que possèdent les atomes en tant que particules élémentaires et, dans cette revue de physique, on considèrera plus spécialement l'atome comme susceptible, sous certaines influences, d'acquérir ou de perdre, des particules électriquement chargées, donnant ainsi naissance à des ions ou à des électrons. Ces ions et ces électrons en déplacement sont sensibles à l'action des champs électriques et des champs magnétiques et nous vous entretiendrons aujourd'hui des études systématiques faites sur le mouvement de ces particules et sur ce que l'on a pu en déduire tant au point de vue théorique qu'au point de vue technique expérimentale.

A. — Généralités.

Pour plus de clarté nous allons tout d'abord rappeler certaines notions fondamentales.

Considérons une particule électrisée ayant une masse m et portant une charge e. Si cette particule se trouve dans un champ électrique E elle est soumise à une force $\vec{f} = e\vec{\mathrm{E}}$. Elle va donc se déplacer et la trajectoire de son mouvement dépendra de sa vitesse initiale et de la valeur de E considérée comme fonction du temps et de la position du point.

La relation précédente est une relation vectorielle et, en appliquant les lois de la mécanique rationnelle, on pourra faire une étude complète du mouvement de la particule.

Ces mêmes particules électrisées en mouvement sont aussi sensibles à l'action d'un champ magnétique : Pour avoir le mouvement d'une particule sous l'action d'un champ magnétique on se rappellera qu'on peut appliquer aux trajectoires des particules électrisées les lois connues pour les courants à condition de remplacer dans ces dernières : ids par ev (forces de Lorentz).

Spectrographie de masse.

Ces notions élémentaires étant rappelées, nous allons envisager maintenant un cas particulier : celui où le corpuscule *électrisé*, lancé avec une vitesse v, est soumis à l'action d'un *champ électrique* uniforme perpendiculaire à v.

On obtient en pratique facilement un champ de cette nature au moyen d'un condensateur analogue à celui représenté en C sur la figure 1. Entre les

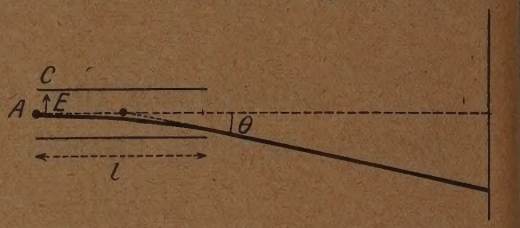


Fig. 1.

armatures, la particule sera soumise à la force constante $f = e\mathrm{E}$, et on obtiendra facilement les équations du mouvement en remarquant que ce sont les mêmes que celles relatives à un corps pesant se déplaçant dans un champ de pesanteur uniforme.

La particule issue du point A avec une vitesse v décrira donc un arc d'une parabole dont l'axe est parallèle à E. A sa sortie du condensateur C, elle aura pour trajectoire la tangente à la parabole en ce point et celle-ci fera avec la direction initiale un angle Θ donné par l'expression :

$$\Theta = \frac{e}{mv^2}\mathrm{E}l \qquad (1)$$

où l désigne la longueur de l'armature du condensateur [1].

Examinons maintenant un autre cas particulier, c'est celui où la particule se déplace dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire à sa vitesse initiale et que nous supposerons perpendiculaire au plan de la figure 2. Ce champ magnétique sera, par exemple, obtenu au moyen de pièces polaires représentées en P sur la figure 2.

La particule en mouvement va être soumise à une force perpendiculaire à sa direction et perpendiculaire au champ (force de Lorentz), donc dans le plan de la figure. La trajectoire va donc s'incurver et puisque la force est toujours perpendiculaire à la trajectoire, l'accélération se réduira à une accélération normale ayant pour valeur

$$\frac{f}{m} = \frac{\mathrm{H}ev}{m},$$

1. Pour obtenir cette relation il suffit de remarquer que : $\frac{dx}{dt} = v$ et que $m\frac{d^2y}{dt^2} = e\mathrm{E}$ d'où par intégrations $x = vt$ et $y = \frac{1}{2}\frac{e\mathrm{E}}{m}t^2$.

Ce qui donne, par élimination de t, $y = \frac{1}{2}\frac{e\mathrm{E}x^2}{mv^2}$ et comme $\Theta = \frac{dy}{dx}$ pour $x = l$ on a finalement $\Theta = \frac{e\mathrm{E}l}{mv^2}$.

l'accélération tangentielle étant nulle. Cette accélération normale est une constante; la trajectoire

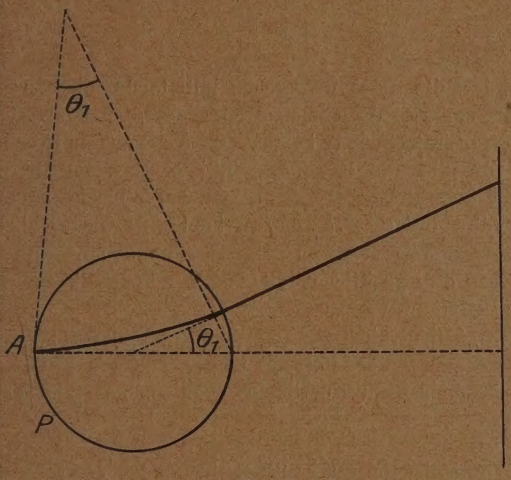


Fig. 2.

est donc un arc de cercle dont le rayon s'obtiendra en écrivant que la force centrifuge est égale à la force exercée par le champ. Ce qui donne :

$$\mathrm{H}ev = \frac{mv^2}{r} \text{ d'où :}$$

$$r = \frac{mv}{e\mathrm{H}}. \qquad (2)$$

A la sortie des pièces polaires la particule prend un mouvement rectiligne et uniforme suivant la tangente au cercle. Par un calcul facile, on montre que la déviation Θ_1 est donnée par l'expression :

$$\Theta_1 = \frac{e}{mv}\mathrm{H}l_1, \qquad (3)$$

où l_1 désigne la largeur de pôle de la bobine produisant le champ magnétique H [2].

Les expressions (1) et (3) permettent non seulement la détermination de $\frac{e}{m}$, mais montrent que, toutes choses égales par ailleurs, les déviations sont fonction de la *masse* de la particule chargée. On pourra donc, soit de façon absolue, soit par comparaison, déterminer la masse des particules chargées et cette constatation est à la base de la *spectrographie de masse*.

Le principe de la spectrographie de masse est donc très simple. Il suffit de déterminer : e, Θ, E, l v ou e, Θ_1, H, l_1, v pour connaître m.

La détermination des grandeurs H, l_1, E, l ne présente pas de difficultés particulières et ces grandeurs peuvent être maintenues constantes. Pour déterminer Θ et Θ_1 on recueillera les ions dans une chambre d'ionisation ou bien on utilisera les propriétés que possèdent ces ions de réduire le gélatino-bromure d'argent des plaques photographiques. On obtiendra donc après développement des taches noires qui permettront la mesure.

La charge e sera un nombre entier de fois (généralement un) la charge élémentaire d'un électron : $e = 4{,}77.10^{-10}$ U. E. S. La discontinuité des diverses valeurs possibles pour e facilite grandement les mesures.

Par contre, il est impossible en pratique d'obtenir des faisceaux parfaitement monocinétique et cette impossibilité constitue une des plus grande difficulté de la spectrographie de masse.

Une autre difficulté réside dans le fait qu'un faisceau de particules occupe toujours un certain angle solide et que si l'on n'arrive pas à concentrer le faisceau sur la plaque photographique, on obtient une dispersion trop grande qui diminue le pouvoir séparateur de l'appareil et chaque point de la plaque ne reçoit qu'un nombre trop faible de particules.

Il faut donc joindre une focalisation en direction à la focalisation en énergie.

On a utilisé dans ce but diverses combinaisons de champs électriques et de champs magnétiques. Parmi les savants qui se sont occupés de ces questions, il convient de signaler en premier lieu le nom de l'inventeur de la spectrographie de masse J. J. Thomson et celui de F. W. Aston à qui on doit de multiples et intéressants travaux dans ce domaine.

Dans l'appareil de J. J. Thomson le champ électrique et le champ magnétique sont parallèles, les déviations se font donc dans des plans perpendiculaires et si on place une plaque perpendiculairement à la direction initiale de propagation, la position du point d'impact M sur cette plaque dépendra des valeurs de Θ et de Θ_1 correspondantes (fig. 3).

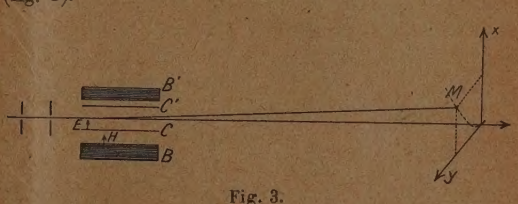


Fig. 3.

En appelant X et Y les coordonnées du point dans le plan de la plaque, on aura

$$\mathrm{X} = k\Theta \quad \text{et} \quad \mathrm{Y} = k_1\Theta_1$$

Mais $$\Theta = \frac{\mathrm{K}e}{mv^2} \quad \text{et} \quad \Theta_1 = \frac{\mathrm{K}_1 e}{mv}$$

d'où $$\mathrm{X} = \frac{\mathrm{C}e}{mv^2} \quad \text{et} \quad \mathrm{Y} = \frac{\mathrm{C}_1 e}{mv}$$

2. On voit, en effet, immédiatement d'après la figure que, au deuxième ordre près $r\Theta_1 = l_1$, d'où $\Theta_1 = \frac{l_1}{r} = \frac{e\mathrm{H}l_1}{mv}$.

où C et C_1 sont les constantes *dépendant uniquement de l'appareil.*

Le lieu des particules de même masse et de même charge mais de vitesses différentes sera

$$X = \frac{Cm}{C_1^2 e} Y^2.$$

A toutes les particules ayant même valeur de $\frac{e}{m}$ correspondront des points qui se placeront sur une parabole et on obtiendra une parabole pour chaque valeur de $\frac{e}{m}$. L'expression $\frac{e}{m}$ prenant des valeurs discontinues on aura ainsi une série de paraboles.

Un autre procédé pour constituer un spectrographe de masse a été utilisé en 1918 par A. J. Dempster qui a repris une idée déjà mise en œuvre auparavant pour les électrons et il l'a appliquée

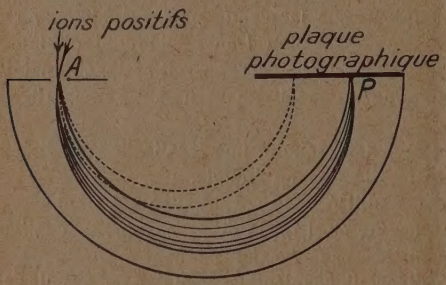


Fig. 4.

aux ions positifs. Conformément à ce procédé, le faisceau d'ions positifs pénètre, après passage par le diaphragme A, dans l'entrefer d'un électro-aimant produisant un champ magnétique perpendiculaire au plan de la figure 4.

Les trajectoires vont s'incurver et les particules vont ainsi décrire comme nous l'avons expliqué des arcs de cercle dont le rayon a pour valeur

$$r = \frac{mv}{eH}$$

Par suite de la divergence initiale du faisceau, tous ces arcs de cercle ne coïncideront pas. Pour chaque trajectoire la tangente en A coïncidera avec la direction de la vitesse initiale. On démontre que si la divergence du pinceau est faible les trajectoires relatives à des particules de même vitesse se croisent en un point P au deuxième ordre près. Ce dispositif conduit donc à une focalisation en direction.

On obtient ainsi sur une plaque photographique placée en P une série de taches, chacune d'elles correspondant aux particules ayant mêmes valeurs de $\frac{e}{m}$.

Toutefois, dans ces dispositifs, si les écarts de vitesse sont importants, les taches sont larges : le pouvoir séparateur est médiocre.

En 1932 K. T. Bainbridge perfectionne l'appareil de Dempster en lui associant un filtre de vitesses. Il obtint ainsi un faisceau monocinétique à quelques millièmes près.

Enfin, indiquons pour terminer les récents appareils basés sur une double focalisation. Ces appareils mis au point par plusieurs auteurs, en particulier Aston, K. T. Bainbridge (1936) et leurs collaborateurs sont basés sur la mise bout à bout de deux dispositifs qui assurent chacun la concentration du faisceau par exemple un dispositif de concentration électrique suivi d'un dispositif de concentration magnétique.

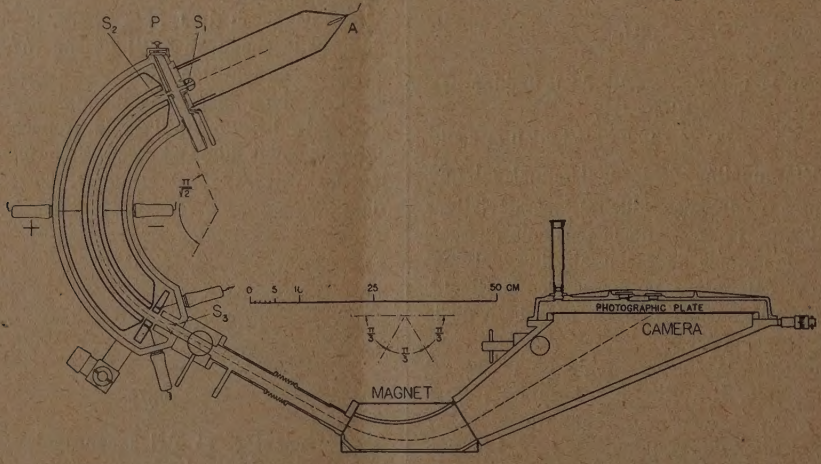


Fig. 5.

Dans le dispositif utilisé par Bainbridge et Jordan, notamment (fig. 5) la focalisation des ions

de vitesses différentes est obtenue grâce à la disposition particulière des champs électrique et magnétique de déviation qui sont organisés de telle sorte que la dispersion des ions produite par un champ est compensée par l'autre champ pour des écarts de vitesse déterminés. Dans ces conditions, les ions ayant même valeur de $\frac{m}{e}$ sont concentrés en un point de la plaque pour toutes les vitesses comprises entre certaines limites.

Grâce à ces divers perfectionnements, on obtient à l'heure actuelle des raies très fines et on peut déterminer la masse des particules avec une approximation de 10^{-5}.

La possibilité de mesures aussi précises sur des quantités de matières réduites a non seulement permis la détermination précise des masses atomiques, mais on a pu également constater l'existence de nombreux isotopes pour la presque totalité des corps simples et, dans certains cas, déterminer la proportion relative des divers isotopes et ce que l'on appelle le « packing effect ».

Le spectrographe de masse se révèle ainsi dans la chimie atomique un auxiliaire aussi précieux que la balance.

Ces résultats ont été acquis non seulement grâce aux perfectionnements apportés aux spectrographes de masse, mais encore grâce aux nouvelles techniques mises en œuvre pour la production d'ions positifs.

Dans ce but, on utilise toujours les tubes à décharges dans les gaz raréfiés et le spectrographe, où le vide est nécessaire, est séparé du tube à décharges par de fines fentes réglables.

Par le passage de la décharge on obtient tout d'abord des ions du gaz lui-même, mais on a pu aussi utiliser cette décharge pour produire la désintégration partielle du milieu gazeux. C'est ainsi qu'Aston a obtenu des rayons positifs du plomb par passage d'une décharge dans un tube renfermant de la vapeur de plomb tétraméthyl. On peut aussi utiliser cette décharge pour pulvériser par afflux positif une cathode faite du métal à étudier. On a obtenu ainsi les spectres de divers métaux tels que : aluminium, zinc, étain, etc.

Un autre mode de production consiste à chauffer des sels métalliques. On a remarqué, en effet, que les sels alcalins, notamment, émettent à chaud des ions du métal qui les constitue. Mais ceci n'est pas spécial aux sels alcalins et Poirot et Auclair ont obtenu récemment par ce procédé toute une série d'ions positifs de métaux, même de métaux lourds, tels que le plomb à partir du bromure de plomb. Ce procédé a l'avantage de fournir des ions sans vitesse initiale autre que celle d'agitation thermique et de faciliter ainsi l'obtention de faisceau sensiblement monocinétique.

Dans certains cas on obtient également des ions positifs en chauffant un métal et en ionisant sa vapeur par bombardement électronique. On obtient, par ce procédé, de grandes quantités d'ions et Planiol est arrivé ainsi à produire des courants de plusieurs milliampères.

Enfin, mentionnons l'utilisation de décharges à haute fréquence entre électrodes métalliques pour arracher des ions aux électrodes, même lorsque celles-ci sont constituées par des métaux difficilement ionisables (Dempster).

Optique électronique.

Dans les pages qui précèdent nous avons essayé de déterminer le comportement des particules électrisées lorsque celles-ci se déplacent dans un champ électrique ou dans un champ magnétique perpendiculaire à la vitesse initiale du corpuscule. Les conséquences que l'on a pu tirer de cette étude ont permis la construction des spectrographes de masse qui constituent des instruments de choix pour la détermination des poids atomiques et celle des isotopes.

Nous allons maintenant envisager un autre cas, c'est celui où la particule se déplace dans un champ électrique possédant une symétrie de rotation et dont la valeur est indépendante du temps. En pratique, on obtient facilement des champs de cette nature au moyen de pièces métalliques planes percées d'ouvertures L et L' circulaires, centrées sur l'axe, et entre lesquelles on établit une différence de potentiel constante. Pour la commodité de l'exposé, nous allons raisonner sur des corpuscules particuliers et nous supposerons que ce sont des électrons émis, par exemple, par une cathode incandescente située sur l'axe et dont nous prendrons le potentiel comme origine des potentiels. Le champ aura ainsi une symétrie axiale mais ne sera pas uniforme (fig. 6).

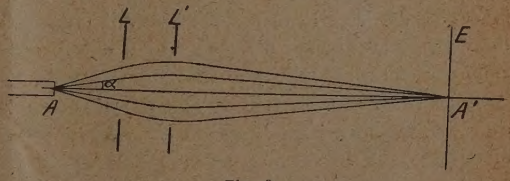


Fig. 6.

Tout électron issu de la cathode A dans la direction de l'axe ne quittera pas l'axe et sera simplement accéléré par le champ.

Voyons ce qui se passe pour des électrons dont

la vitesse fait, au départ, un petit angle α avec la direction de l'axe. Pour trouver leurs trajectoires nous pouvons les assimiler à des masses ponctuelles et leur appliquer les lois de la mécanique rationnelle et en particulier le principe de la moindre action.

Ce principe s'exprime en écrivant que l'intégrale de l'impulsion, c'est-à-dire de la masse m multipliée par la vitesse v, prise le long de la trajectoire est minimum entre deux points A et B. On obtient donc

$$(4) \qquad \int_A^B mv\,ds = m \int_A^B v\,ds \text{ est minimum.}$$

Cette expression mathématique est tout à fait analogue à celle qui, en optique géométrique, traduit le principe de Fermat.

Ce principe indique, en effet, que le temps t mis par la lumière pour aller d'un point A à un point B est minimum. C'est-à-dire

$$\int_A^B dt = \text{minimum.}$$

Or, $dt = \frac{ds}{V}$ où V est la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu considéré. Mais $V = \frac{c}{n}$ c étant la vitesse dans le vide et n l'indice du milieu d'où

$$\int_A^B dt = \int_A^B \frac{n}{c}\,ds = \frac{1}{c}\int_A^B n\,ds.$$

Il faut donc que $\int_A^B n\,ds$ soit minimum.

Ainsi, les expressions mathématiques qui traduisent la propagation de la lumière et la propagation des électrons montrent que l'on peut établir entre ces deux phénomènes une correspondance à condition de faire jouer à la vitesse v le rôle que joue en optique l'indice n.

Cette analogie de formules mathématiques, indépendante de toute hypothèse sur la nature de la lumière et sur la nature des particules chargées, nous permet de dire que le trajet suivi par un électron, ou d'une façon générale par une particule chargée sera le trajet que suivrait un rayon lumineux se déplaçant dans un milieu d'indice variable tel qu'en chaque point n soit égal à v.

On peut ainsi créer toute une optique géométrique électronique dans laquelle la vitesse v des électrons joue le même rôle que l'indice de réfraction n dans l'optique géométrique lumineuse.

C'est à Busch que revient le mérite d'avoir montré, en 1926, que l'étude du mouvement des électrons conduit à des formules analogues à celles rencontrées en optique géométrique.

La vitesse v dépend de la répartition spatiale du champ (surface équipotentielle). Dans le cas qui nous occupe et où l'on se trouve en présence d'un champ à symétrie axiale et d'électrons issus d'un point de l'axe la répartition des vitesses admettra l'axe du système comme axe de symétrie. On peut donc, par analogie optique, considérer que tout se passe comme si l'on avait affaire à des rayons lumineux issus d'un point de l'axe et traversant un système optique centré formé d'une infinité de dioptres séparant des milieux d'indice infinimemnt voisin.

Si les rayons lumineux issus du point A sont peu inclinés sur l'axe, on se trouve dans le cas de l'approximation de Gauss, c'est-à-dire qu'après réfraction à travers les multiples dioptres, les rayons vont tous sensiblement passer par un point A' qui est dit image de A.

La possibilité d'établir une correspondance entre la propagation des rayons lumineux et la propagation des électrons permet d'affirmer que des électrons issus d'un point A de l'axe et dont les vitesses de propagation sont peu inclinées sur l'axe iront tous passer par un même point A' de l'axe. Ce qu'on peut traduire en disant que A' est l'image électronique de A.

Le système électrostatique à symétrie axiale se comporte ainsi comme une véritable lentille. Les formules des lentilles optiques lui sont applicables et en particulier l'expression bien connue

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

ou f a une valeur dépendant des conditions électriques.

Poursuivant l'analogie, on peut considérer un point B voisin de A et situé dans le plan de front de A, les électrons issus de B iront passer par un point B' situé dans le plan de front de A. Autrement dit un élément de droite AB, perpendiculaire à l'axe et source d'électrons aura une image A'B' perpendiculaire à l'axe et qui sera le lieu de rencontre des électrons issus de AB.

On peut ainsi reprendre en optique électronique toutes sortes de résultats découverts en optique géométrique. Nous allons en donner quelques exemples : On sait qu'en optique géométrique on a, pour des angles d'ouverture suffisamment faibles, l'égalité suivante :

$$S\omega n^2 = S'\omega' n'^2$$

qui relie, dans le milieu objet, l'indice n, l'ouverture du faisceau ω et la surface S de l'objet avec les quantités correspondantes du milieu image.

La transposition dans le domaine électronique est possible, il suffit de remplacer l'indice n par la vitesse électronique v.

En optique, on donne souvent le nom de système à immersion à un système où l'indice du milieu objet est différent de l'indice du milieu image. Par analogie, on a quelquefois appelé « système à immersion électronique » un système où la vitesse des électrons au voisinage de la cathode est différente de celle des électrons au voisinage de l'écran d'observation. Mais alors que n et n' sont toujours très voisins, les vitesses v et v' peuvent varier entre de grandes limites et avec des faisceaux d'ouverture réduite on peut obtenir des images très réduites.

Continuons notre raisonnement par analogie :

En optique géométrique le défaut que l'on appelle l'aberration chromatique est dû au fait que l'indice des milieux traversés n'est pas le même pour toutes les radiations issues d'une source. En optique électronique, on obtiendra un phénomène analogue lorsque le faisceau ne sera pas homogène en ce qui concerne la vitesse des électrons. Ceci est le cas général et on comprend l'importance des faisceaux mono-cinétiques pour l'obtention de bonnes images. Souvent, en pratique, on accélère fortement les électrons au voisinage de la cathode, ce qui a pour objet de diminuer ou de rendre négligeables les écarts relatifs de vitesse.

De même, on sait qu'un pinceau lumineux qui s'écarte fortement de l'axe de la lentille ne fournit pas d'image ponctuelle, mais donne au contraire naissance à deux lignes focales perpendiculaires l'une à l'autre. Ce défaut de stigmatisme existe aussi en optique électronique et la netteté de l'image en souffre. On l'évite par des réglages très minutieux, l'écart intolérable ne dépassant pas quelquefois *quelques centièmes de millimètres.*

Le phénomène de distorsion existe aussi en optique électronique, et avec un mauvais réglage ou des conditions mal adaptées, l'image d'une droite qui ne rencontre pas l'axe n'est pas une droite, mais une courbe.

Mais les méthodes de l'optique électronique sont applicables aux faisceaux d'ions positifs. On rencontre cependant de grandes difficultés, dues notamment au fait que les lentilles électroniques usuelles sont inefficaces sur des particules lourdes et rapides. On conçoit, par exemple, que les corpuscules lourds de grande énergie ne subissent par passage à travers une lentille électronique que de très faibles variations de vitesses. Tout se passe comme si l'on avait des milieux d'indices très voisins. L. Cartan à l'aide d'une grille placée en travers du faisceau et portée à une tension négative a pu remédier à cet inconvénient et focaliser sur une plaque photographique des faisceaux d'ions de 20.000 v. pour une tension de 2.000 volts.

Concentration magnétique des faisceaux de particules chargées.

Dans ce qui précède, nous avons vu que l'on peut pousser assez loin les relations d'analogie entre l'optique électronique et l'optique géométrique. Cette correspondance s'est montrée particulièrement féconde dans le cas d'un champ électrique de symétrie axiale.

Nous allons examiner maintenant le mouvement des particules chargées lorsque celles-ci se trouvent dans un champ *magnétique* axial, la vitesse initiale des particules étant sensiblement dirigée suivant l'axe de symétrie du champ magnétique.

Considérons donc encore un faisceau d'électrons qui sera issu d'une cathode C (fig. 7) et qui sera soumis à l'action d'un champ magnétique dont la direction coïncidera avec l'axe du faisceau d'électrons.

Les électrons qui se propagent suivant la direction du champ ne sont soumis à aucune force, mais ceux dont la vitesse initiale fait avec le champ H un angle faible, vont être soumis à la force de Lorentz dont nous avons déjà parlé. Cette force sera perpendiculaire à la direction du champ et à la trajectoire des électrons; ceux-ci vont donc être déviés et prendre un mouvement de rotation autour de l'axe du champ magnétique.

Examinons de plus près ce mouvement : supposons un électron dont la vitesse initiale fait un angle α avec la direction du champ; la force de Lorentz étant perpendiculaire à la direction du champ, sera toujours située dans un plan perpendiculaire à l'axe et elle sera perpendiculaire à la projection de la trajectoire sur ce plan. La composante $v \cos. \alpha$ de la vitesse suivant l'axe n'est pas influencée par le champ magnétique et nous n'avons à considérer que la composante normale au champ, soit

$$v' = v \sin. \alpha$$

Pour trouver la valeur de cette vitesse v' on écrit que la force

$$m \frac{dv'}{dt} = e\,(v'\,\mathrm{H})$$

Nous avons vu que, dans ce cas, la trajectoire est un cercle ayant son centre sur l'axe. On aura le rayon de ce cercle en écrivant que la force centripète est égale à la force que crée le champ magnétique, soit

$$\frac{mv'^2}{r} = ev'\mathrm{H}$$

d'où :

$$r = \frac{mv'}{e\mathrm{H}} = \frac{mv \sin. \alpha}{e\mathrm{H}}.$$

La projection de la trajectoire des électrons sur un plan perpendiculaire à l'axe est donc un cercle, dont le rayon est proportionnel à la vitesse v des électrons et inversement proportionnel à l'intensité du champ magnétique H, la vitesse de propagation le long de ce cercle étant v sin. α, le temps mis pour faire un tour complet est donné par

$$t = \frac{2\pi r}{v \sin.\alpha} \quad \text{soit} \quad t = \frac{2\pi m}{eH}$$

Ce temps est indépendant de v et de sin. α. Il est donc le même quelle que soit l'inclinaison des électrons sur l'axe. Les électrons tournent donc d'un mouvement d'ensemble autour de l'axe. Au bout du temps t ils ont avancé, suivant l'axe, de la distance $s = vt$ cos. α. Si α est petit on a pratiquement $s = vt$. Les électrons issus d'un même point de l'axe décrivent donc des hélices ayant même pas.

Si l'on pousse les calculs plus loin, ainsi que le fit Busch, on peut montrer que les électrons se réunissent effectivement en un point « image » et que par conséquent les champs magnétiques axiaux peuvent eux aussi se comporter comme des lentilles.

Toutefois la correspondance avec l'optique est ici beaucoup plus délicate. Si l'on veut trouver un milieu d'indice n tel qu'en chaque point n soit égal à v, il faut faire appel non seulement à des milieux transparents d'indice variable, mais encore à des milieux anisotropes. Ces milieux transparents ne sont pas utilisés en optique géométrique, la correspondance avec cette dernière science ne présente dès lors pas d'intérêt dans le cas des champs magnétiques.

Ces champs magnétiques sont obtenus pratiquement au moyen de bobines dont l'axe coïncide avec l'axe du système. La concentration magnétique fournit de très bons résultats.

Remarque importante. — Revenons sur cette analogie entre l'optique électronique et l'optique géométrique.

Pour l'établir on s'est basé sur des analogies de formules mathématiques; c'est un point que l'on ne doit pas perdre de vue. L'analogie ne peut donc se poursuivre que dans la limite d'application des formules mathématiques, mais pas au delà. C'est ainsi par exemple qu'en optique géométrique nous ne rencontrons rien d'analogue à la loi de répulsion de Coulomb. Lorsque le courant électronique sera intense, il y aura lieu de tenir compte de ces répulsions électrostatiques. Elles auront comme conséquence de ne pas permettre l'existence d'images ponctuelles et le faisceau électronique présentera une section rétrécie sur une assez grande longueur due à l'incurvation des rayons sous l'influence de la répulsion mutuelle des électrons.

Le fait que l'on est en présence de particules chargées a aussi son influence lorsqu'un faisceau est mobile et rencontre un écran; si la diffusion des charges amenées sur l'écran n'est pas rapide (écran isolant), ces charges résiduelles provoquent une répulsion électrostatique qui élargit également l'image.

Par contre, l'existence de charges d'espace dans le gaz qui peut rester à l'intérieur de l'ampoule peut être avantageuse, notamment lorsqu'il s'agit d'électrons car les ions gazeux formés par choc créent autour du faisceau une charge résiduelle positive par suite de la diffusion très lente des ions positifs par rapport à la vitesse de diffusion des électrons formés. Ces charges d'espace positives concentrent le faisceau d'électrons et ce procédé a été utilisé dans certains dispositifs en particulier dans certains oscillographes.

Microscope électronique.

On a songé à utiliser les lois précédentes d'optique électronique en vue de construire des appareils électroniques semblables à ceux qui ont rendu de si grands services en optique.

Un des premiers succès a été la construction du « microscope électronique ». L'idée était séduisante : les microscopes actuels sont, en effet, limités, comme l'on sait, par leur pouvoir séparateur qui rend impossible l'observation d'objets dont la dimension est inférieure à la longueur d'onde de la lumière utilisée. On a bien employé des rayonnements ultra-violets et dans certains cas l'ultra-microscope a rendu également de grands services, mais la limite subsiste. Il semble qu'avec le microscope électronique cette limite puisse être considérablement reculée.

A la suite des travaux de de Broglie il peut paraître logique, en effet, de considérer comme limite la longueur d'onde associée à l'électron. Un raisonnement de cet ordre conduit à admettre que pour des électrons accélérés entre 100 et 100.000 volts par exemple, la longueur d'onde de ceux-ci passe de 1,22 Å à 0,037 Å. Ces limites théoriques n'ont évidemment pas été atteintes en pratique à l'heure actuelle, mais on a déjà pu obtenir des grossissements de 12.000. Même si l'on doit rencontrer des difficultés tenant, en particulier, aux répulsions des électrons entre eux, il n'en est pas moins certain que le pouvoir séparateur du microscope électronique doit être supérieur

au pouvoir séparateur possible des microscopes optiques.

Un microscope électronique se composera essentiellement d'une source d'électrons, d'un système électrostatique ou magnétique fournissant de la source une image agrandie de l'objet et d'une plaque photographique destinée à recueillir les électrons formant l'image.

Dans le cas où l'objet n'est pas lui-même émetteur d'électrons on a utilisé une source d'électrons auxiliaire et un système soit électrostatique, soit magnétique, qui forme condenseur et concentre les électrons sur l'objet à étudier placé lui-même dans un porte-objet. Bien entendu, l'ensemble doit être situé dans le vide, seule matière parfaitement « transparente » pour les électrons. Les réglages en position se font au moyen de rodages supportant les diverses pièces. En général la distance entre l'objet et l'objectif est fixe et, pour le réglage de mise au point, on modifie la distance focale de l'objectif en modifiant la tension ou l'intensité du courant.

Les variations de grossissement s'obtiennent par variations simultanées des courants des bobines constituant « l'objectif » et « l'oculaire ».

Disons quelques mots des premiers résultats acquis : ils sont, du reste, encourageants.

On s'est tout d'abord attaché à obtenir des images de la source d'électrons elle-même et on a étudié les cathodes émettrices.

La cathode, ayant par exemple la forme d'un filament chauffé, constitue l'objet et on obtient des images agrandies fournissant des renseignements sur l'émission des diverses parties de la cathode. On a pu en tirer d'intéressantes conclusions relatives à la fabrication des cathodes émettrices.

D'autres recherches ont été faites en recouvrant par évaporation les objets étudiés d'un dépôt d'oxyde de baryum ou de strontium. L'expérience prouve que ce dépôt ne s'effectue pas de façon uniforme et ce procédé a pu être utilisé pour d'intéressantes applications métallographiques (Brüche et Johansson). Burgers et J. J. A. Ploos van Amstel ont même pu obtenir en enregistrement *cinématographique* de la transformation du fer α en fer γ. Ils opérèrent de la façon suivante : après avoir déposé de l'oxyde de baryum ou de strontium sur une petite barre de fer, ils la chauffèrent à 900°, point de transformation du fer. En maintenant ensuite la température au voisinage de 900° ils purent arriver à obtenir une recristallisation dans un délai de 5 à 10 minutes. On procède alors toutes les 4 secondes à une prise de vues cinématographique et les auteurs ont pu de cette façon réaliser un film qui reproduit clairement le processus de la formation des cristaux α dans la phase γ.

Mais les emplois du microscope électronique seraient forcément très limités si l'on est obligé de se cantonner dans les domaines où l'objet est lui-même émetteur d'électrons. Aussi a-t-on songé à examiner les préparations en prenant une source d'électrons auxiliaires. On rencontre dans ce cas de grandes difficultés dont les principales sont la destruction du produit par les électrons ou sa non transparence aux faisceaux électroniques.

Divers artifices ont été employés pour remédier à ces inconvénients.

L. Marton emploie comme porte-objet des pellicules de celluloïd de l'épaisseur de quelques dixièmes de micron. On se rend compte de l'épaisseur à l'aide des couleurs d'interférence. La résistance mécanique d'un tel support est relativement élevée; il présente l'inconvénient de ne pas être conducteur. Il y a des accumulations de charges et déplacement de l'image, puis échauffement. On a songé à employer des supports d'aluminium, mais l'aluminium n'est pas très transparent; le glucinium est préférable, mais de grandes difficultés se présentent pour l'obtention de lames minces. Ces techniques ne sont pas encore définitivement au point.

Le microscope électronique semble surtout intéressant en biologie ou en bactériologie, mais dans cet ordre de recherches on rencontre de nouvelles difficultés telles que la déshydratation qui se produit dans le vide et surtout la destruction de la préparation. Un procédé, qui a permis de tourner en partie ces difficultés, consiste à imprégner la préparation à l'aide d'un métal lourd et c'est l'osmium qui a conduit aux meilleurs résultats (L. Marton). Sous l'influence du bombardement électronique, la préparation est détruite, mais il reste un squelette d'osmium que l'on peut étudier.

On a également cherché à limiter le temps d'exposition en utilisant un objet test capable de supporter longtemps le bombardement électronique. Cet objet test permet la mise au point et l'objet à étudier se substitue à lui au dernier moment.

Actuellement, avec un grossissement de 10.000 on a pu réduire le temps de pose à 0,01 sec. D'autre part certains micro-organismes résistent au vide et on peut espérer que, par le perfectionnement des techniques actuelles, on pourra atteindre la structure intime des bactéries. Il n'est pas impossible, non plus, que dans un avenir rapproché on puisse, grâce au microscope électronique, avoir des renseignements sur la structure des chromosomes, pour lesquels on est ac-

tuellement limité par le pouvoir séparateur du microscope optique.

Il est toutefois bien entendu qu'on peut répéter pour le microscope électronique ce que nous avons déjà dit pour l'optique électronique, à savoir que l'analogie entre les électrons et les photons ne peut être poussée au delà d'une certaine limite. Il importe en particulier de remarquer que dans les microscopes électroniques, notamment lorsqu'il s'agit de préparations à base d'osmium, l'existence d'une image est basée sur la diffusion des électrons et non sur une variation d'indice, une absorption ou une variation de couleur; il y a simplement diffusion d'électrons avec changement de direction.

On peut dire en conclusion que si le microscope électronique n'est pas encore capable de concurrencer le microscope optique, de grands espoirs lui sont permis, et, il est probable que les deux subsisteront, chacun ayant son propre domaine d'application.

Le télescope électronique.

Le spectrographe de masse et le microscope électronique ne sont pas les seuls appareils utilisant les propriétés de l'optique électronique ou d'une façon générale la possibilité de concentrer, à l'aide de champs électriques et de champs magnétiques, des faisceaux de particules chargées.

Un autre dispositif, imaginé par Zworykin et Morton, porte le nom de « télescope électronique » et s'apparente au microscope électronique (fig. 7).

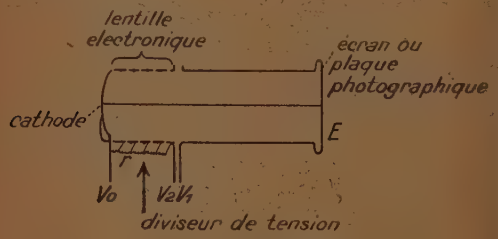


Fig. 7.

Il comporte, essentiellement, un tube de verre dont une extrémité E est constituée par un écran fluorescent ou par une plaque photographique. A l'autre extrémité se trouve une cathode photoélectrique semi-transparente.

Cette cathode est réalisée à l'aide de procédés analogues à ceux utilisés pour la confection des cellules photo-électriques. Sur une couche de platine semi-transparente servant de support conducteur et évitant ainsi l'accumulation des charges, on dépose une mince couche d'argent que l'on oxyde par une décharge électrique dans l'oxygène, et sur l'oxyde ainsi formé vient se fixer de la vapeur de césium.

Entre la cathode et l'écran se trouve la « lentille électronique ». Cette dernière est formée de plusieurs couronnes métalliques centrées sur l'axe du tube. Une série de résistances r forment diviseur de tension et permettent une élévation graduelle du potentiel.

Le fonctionnement de ce dispositif se conçoit aisément. Si l'on projette sur la cathode semi-transparente une image comportant un rayonnement provoquant une émission photo-électrique de la cathode, on obtiendra sur l'écran fluorescent une image agrandie de l'image de départ. La mise au point se fait en réglant la tension des divers éléments constituant la « lentille électronique ».

A l'heure actuelle, on a pu réaliser des appareils transportables, alimentés par le secteur et fournissant des images de 10 à 15 cm. de côté. Les grossissements obtenus ne sont pas encore considérables : ils ne dépassent pas quelques unités.

Le grand intérêt de ce dispositif est de rendre visibles des images invisibles. En particulier, avec une cathode photo-émettrice sensible à l'infra-rouge, on peut rendre visible des images infra-rouges et cela a été utilisé pour l'examen de préparation microscopique en infra-rouge. On peut opérer aussi avec un rayonnement ultra-violet. Nous ferons remarquer qu'il y a là autre chose qu'une simple curiosité, car les images obtenues en microscopie résultent de l'absorption de la lumière par des milieux imparfaitement transparents et des éléments peuvent être parfaitement transparents dans le visible et apparaître différenciés dans l'infra-rouge ou dans l'ultra-violet, par ce seul fait on acquiert ainsi de nouveaux renseignements sur la préparation étudiée.

La diffraction des électrons.

Nous allons maintenant quitter l'optique électronique et ses applications, pour parler d'un autre phénomène dont l'importance théorique et pratique est considérable : le phénomène de la diffraction des électrons.

Sa découverte fut une des plus éclatantes confirmations expérimentales de la magnifique synthèse élaborée par Louis de Broglie sous le nom de « mécanique ondulatoire ». On se rappelle que la théorie ondulatoire de la lumière qui connut un éclatant succès durant tout le XIXe siècle cessa ensuite de fournir une interprétation satisfaisante

de nombreux phénomènes découverts au cours de ces dernières années. Le discontinu s'implantait de plus en plus en physique et la dualité entre la théorie des quanta et la théorie des ondes fut un des drames de la pensée scientifique de ce début de siècle.

En 1924, Louis de Broglie proposa une théorie suivant laquelle à une particule en mouvement doit être associé un groupe d'ondes et les caractéristiques de ce groupe d'ondes sont en liaison avec la masse et la vitesse de cette particule. C'est ainsi qu'on est amené à considérer que la longueur d'onde associée à la particule en mouvement est donnée par l'expression :

$$\lambda = \frac{h\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{mv}$$

où v désigne la vitesse de la particule, c la vitesse de la lumière, m sa masse et h la constante de Planck.

Cette expression se réduit à :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

dans le cas où la vitesse de la particule est faible par rapport à la vitesse de la lumière.

Si cette théorie est exacte on doit pouvoir associer à l'électron une onde dont il est facile de calculer la longueur d'onde λ. C'est ainsi que pour des électrons ayant une vitesse de 25.000 V., la valeur de λ calculée d'après la formule ci-dessus est de 0,75 10^{-9} cm. C'est l'ordre de grandeur des longueurs d'onde des rayons X.

Il est du plus haut intérêt de chercher une vérification expérimentale de cette théorie.

Les premiers travaux dans cette voie semblent être ceux de Thymond (1926) qui étudia la dispersion des électrons dans l'hélium, mais les résultats sont dans ce cas difficiles à interpréter et la confrontation avec la théorie et l'expérience n'a pas été possible.

L'année suivante, en 1927, C. J. Davisson, associé à L.-H. Germer, essaya de reproduire avec l'électron les expériences de diffraction classiques obtenues avec les rayons X. La figure 8 montre,

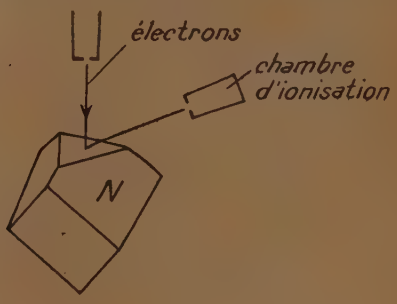


Fig. 8.

très schématiquement, le principe de leurs expériences. Les électrons issus de la faible ouverture A tombaient sur une face octaédrique du cristal cubique de nickel N. L'expérience a prouvé que ces électrons sont effectivement diffractés suivant certaines directions privilégiées que l'on repérait au moyen de la chambre d'ionisation C. Celle-ci était mobile et rendait possible le calcul

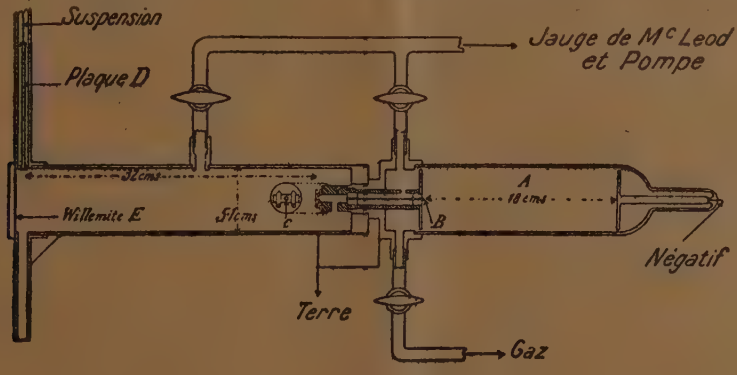


Fig. 9.

des directions privilégiées de diffraction. On put dès lors comparer les résultats expérimentaux avec ceux fournis par la théorie de L. de Broglie. L'accord était en général satisfaisant, mais les erreurs d'expérience étaient assez importantes et ne permettaient pas une très grande précision.

Indépendamment du physicien américain Davisson, un physicien anglais G. P. Thomson, fils du physicien bien connu J. J. Thomson, entreprit à la même époque des recherches ayant, elles aussi, pour but de vérifier la théorie de de Broglie dans le cas des électrons.

La méthode utilisée par cet auteur est tout à fait

analogue à la méthode dite de Debye et Scherrer dans le domaine des rayons X. Elle consiste à envoyer normalement sur une pellicule très mince du produit à étudier un faisceau de rayons cathodiques sensiblement homogènes et à recevoir ceux-ci sur une plaque photographique disposée derrière à quelque distance. Si le film est formé d'un grand nombre de petits cristaux répartis au hasard, on doit obtenir un diagramme analogue au diagramme classique obtenu avec les poudres dans le cas des rayons X.

Le schéma du dispositif utilisé par G. P. Thomson est représenté sur la figure 9. Les électrons produits dans le tube A par une bobine d'induction passent par un tube étroit B ayant une longueur de 6 centimètres et un diamètre de 0,23 mm. A leur sortie, ils frappent le film placé en C et le faisceau transmis et diffracté vient ensuite frapper la plaque photographique D ou l'écran de willemite E.

Les espoirs formés furent pleinement confirmés. On obtint effectivement un diagramme genre Debye et Scherrer et la longueur d'onde déterminée à l'aide de ces diagrammes concorde avec celle déduite de la théorie de de Broglie à moins de 1 % près. G. P. Thomson vérifia, au moyen d'un champ magnétique, que ce diagramme est effectivement obtenu par des électrons : Ce sont ces brillantes expériences qui valurent à leurs auteurs Davisson et G. P. Thomson, le prix Nobel de physique 1937.

Depuis ces premiers essais, de nombreux chercheurs étudièrent la diffraction électronique. Nous citerons par exemple Ponte, qui vérifia la théorie de de Broglie à 3 pour 1.000 près sur l'oxyde de zinc, Rupp qui obtint de très beaux diagrammes avec des électrons de 100.000 à 250.000 volts, J. J. Trillat, qui réussit à obtenir des diagrammes fournis par un cristal unique et à qui l'on doit la très belle expérience montée à ce sujet au Palais de la Découverte de l'Exposition Internationale de 1937.

Enfin, on peut également mentionner les tentatives faites pour vérifier la théorie de de Broglie sur d'autres particules que les électrons. On peut citer, par exemple, les expériences de Stern et Knauer sur les rayonnements d'hydrogène et d'hélium, d'Ellet et Olson sur la diffraction du rayonnement du cadmium et les travaux de Dempster et de Rupp sur la diffraction des protons. Tous ces travaux, fort intéressants, sur des particules lourdes fournissent cependant des résultats peu nets et il est difficile d'en déduire un accord certain avec la théorie de de Broglie.

A l'heure actuelle, on peut donc considérer comme admis, non seulement la diffraction des électrons par la matière, mais encore le fait que la loi de diffraction est en accord avec la théorie de de Broglie. Ce fait, très important du point de vue de la physique théorique, doit être aussi considéré sous un autre aspect. On se trouve en effet en présence d'une nouvelle relation entre l'électricité et la matière, et la diffraction électronique nous fournit un moyen puissant et nouveau d'investigation de la structure atomique et moléculaire.

De nombreux travaux ont déjà été orientés dans cette voie. Les uns au point de vue théorique ont renseigné sur la structure de certaines molécules à l'état de vapeur : tels sont les travaux de Jark et Wierl qui furent les premiers à montrer que l'on pouvait déduire des figures de diffraction par un gaz, des données précises sur la structure des molécules de ce gaz, puis, les travaux de l'américain S. H. Bauer, ceux de L. Pauling et L. O. Brockway qui ont déterminé ainsi la structure de nombreux composés de chimie organique.

La diffraction des électrons est la technique de choix pour l'étude des phénomènes de surface. La quantité de matière nécessaire est, en effet, insignifiante et on obtient d'excellents diagrammes avec de très minces couches. Aussi la technique de la diffraction des électrons a-t-elle dépassé le cadre des laboratoires de recherches pour pénétrer dans le domaine des laboratoires industriels. Elle a déjà rendu de très grands services, notamment dans l'industrie du caoutchouc et dans celle des huiles de graissage.

Le cyclotron.

Nous terminerons ce rapide exposé des appareils utilisant le mouvement des particules chargées dans les champs électriques et dans les champs magnétiques en donnant quelques indications sur un appareil de construction récente connu sous le nom de *cyclotron*. Cet appareil mis au point par le Professeur E. O. Lawrence et ses élèves, en particulier le Dr M. S. Levingston, à Berkeley (Californie), est une application d'un théorème dû à Larmor et qui peut s'énoncer ainsi : La vitesse angulaire d'une particule chargée se déplaçant sur une trajectoire non rectiligne dans un champ magnétique est indépendante de sa vitesse linéaire.

Il est facile de démontrer ce théorème dans le cas particulier où la particule se déplace dans un champ magnétique perpendiculaire à sa trajectoire.

Nous avons déjà vu (voir fig. 4) que si l'on désigne par v la vitesse de la particule, par m sa masse, par e sa charge et par H l'intensité du

champ magnétique, la trajectoire décrite est un cercle de rayon

$$r = \frac{mv}{eH}$$

où v est une constante pour une particule donnée, l'accélération étant toujours normale à la trajectoire.

Le temps que met la particule pour parcourir un demi-cercle est évidemment fourni par l'expression :

$$t = \frac{\pi r}{v} = \frac{\pi m}{eH}$$

ce temps est indépendant de v.

En d'autres termes, le rayon du cercle décrit est proportionnel à v, *mais le temps mis pour le parcourir est indépendant de v.*

L'appareil de Lawrence dont on a représenté le schéma sur la figure 10 est essentiellement constitué par deux enceintes métalliques creuses A et

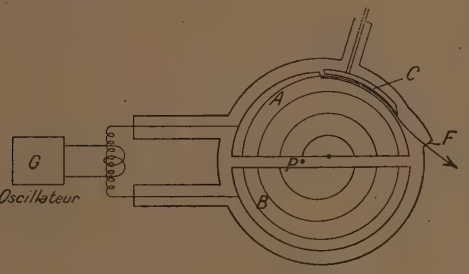


Fig. 10.

B ayant chacune la forme d'un demi-tambour ou encore la forme de la lettre D. Ces D ont un diamètre de l'ordre de 70 cm. et une épaisseur de l'ordre de 8 cm. Chacun d'eux est réuni au pôle d'un générateur d'oscillations électroniques G capable de fournir une différence de potentiel alternative de 50.000 volts, par exemple.

L'ensemble des D est enfermé dans une enceinte métallique dans laquelle on a fait un vide aussi poussé que possible et que l'on a rempli ensuite d'une atmosphère d'hydrogène ou de deutérium à une pression de l'ordre de 10^{-4} mm. L'ensemble du dispositif est placé dans un champ magnétique perpendiculaire au plan de la figure.

Supposons que, par un procédé quelconque, on ait créé en P un ion. Cet ion que nous supposerons positif sera attiré par l'électrode A au moment où celle-ci sera négative. Il acquiert ainsi une certaine vitesse V et pénètre à l'intérieur de l'électrode. Comme il n'y est plus soumis à aucun champ électrostatique, l'enceinte A formant écran, il s'y déplace d'un mouvement uniforme et sa trajectoire sera un demi-cercle. Au bout du temps t indiqué ci-dessus l'ion se retrouvera dans l'intervalle qui sépare les 2 D. Si, à ce moment, l'électrode B a atteint son potentiel négatif maximum, l'ion pénétrera à l'intérieur de cette électrode, mais aura acquis une vitesse plus grande. Il décrira un arc de cercle de plus grand rayon mais au bout du *même temps* t se retrouvera dans l'intervalle qui sépare les 2 D. Si à ce moment l'électrode A se trouve à nouveau à son potentiel négatif maximum, l'ion sera attiré vers elle et y pénétrera avec une vitesse encore supérieure qu'il aura acquise en traversant l'intervalle séparant les électrodes. Il décrira de nouveau un arc de cercle et ainsi de suite. A chaque demi-tour, sa vitesse s'accroîtra, de même que le rayon de sa trajectoire, mais sa vitesse angulaire restera constante. La trajectoire, formée d'un ensemble de demi-cercles de rayons croissants, ressemblera à une spirale. Mais il est nécessaire qu'il y ait résonance entre le mouvement de l'ion et le générateur d'oscillations. A un moment donné, l'ion se trouvera dans le voisinage d'une pièce C appelée déflecteur portée à un potentiel négatif élevé. Sa trajectoire sera déviée et il sortira par la fenêtre F. Il aura à ce moment une vitesse considérable, donc une énergie considérable. Cette énergie s'évalue, nous le rappelons, en électrons-volts : un électron-volt étant défini comme l'énergie que prend un électron sous une différence de potentiel de 1 volt. En pratique, on obtiendra avec le cyclotron des particules ayant une énergie de l'ordre de 5 à 10 millions d'électrons-volts. Il suffit, en effet, que l'ion ait fait 50 révolutions avant de sortir, c'est-à-dire ait traversé 100 fois la zone de séparation pour, qu'avec un potentiel alternatif de 50.000 volts, on obtienne une énergie de 5 millions d'électrons-volts.

Les ions sont créés dans l'espace séparant les deux D, en bombardant le gaz par des électrons émis par un filament chauffé. La quantité d'ions ainsi obtenus peut donc être très importante et on a pu atteindre des courants de l'ordre de 20 micro-amp. C'est une émission de particules considérable puisqu'elle équivaut à plusieurs centaines de grammes de radium. On dispose ainsi d'une puissante « artillerie atomique » que l'on utilisera soit dans des recherches de physique nucléaire, soit dans des recherches biologiques.

D'après les travaux de Rutherford et ceux plus récents d'Irène Curie et F. Joliot (1934), on sait que l'on peut obtenir de véritables transmutations de la matière par bombardement de certains atomes. Cette transmutation se fait par bombardement au moyen d'un faisceau de particules rapides, en particulier au moyen de neutrons. Le neutron, particule rapide non chargée est un instrument de choix pour la désintégration atomique. Or, avec

le cyclotron, on obtient des quantités de neutrons telles qu'à 10 mètres de l'appareil l'ionisation observée avec une chambre de Wilson est encore considérable. Il suffit de diriger le faisceau d'ions sortant de l'appareil sur le glucinium par exemple.

Mais, si le cyclotron peut être regardé comme un appareil de choix pour l'étude des phénomènes de physique nucléaire, il a aussi un brillant avenir dans le domaine de la recherche biologique. C'est, en effet, un fait bien connu que tous procédés d'ionisation tels que : émission de substances radioactives, rayons X, etc..., ont une action sur les cellules vivantes. Cette action entraîne une destruction des cellules et c'est pourquoi de très grandes précautions sont prises lors du fonctionnement du cyclotron. Mais cette destruction des cellules est en quelque sorte élective. Les cellules jeunes en prolifération sont plus facilement atteintes que les autres. Cette constatation est à l'origine du traitement du cancer par le radium. Les neutrons obtenus, comme nous venons de l'indiquer, ont, eux aussi, évidemment, une action; il semble que cette action soit même supérieure à celle que l'on obtient avec les substances radio-actives.

Toutefois, il s'agit là de travaux récents sur lesquels il est encore difficile de se prononcer. Mais ce que l'on peut retenir, c'est que le cyclotron par la très grande quantité de neutrons qu'il met à la disposition du chercheur rendra certainement d'éminents services non seulement dans les recherches sur la structure des noyaux atomiques mais encore dans les recherches biologiques.

H. Volkringer,
Assistant à la Sorbonne.

LES POSSIBILITÉS D'HYBRIDATION

Pour se servir d'un instrument ou d'un phénomène naturel, on n'attend pas de le connaître à fond et de l'avoir bien en main. L'expérimentation précède la science et lui fraye la voie; et ce n'est qu'en essayant de classer et d'expliquer l'ensemble souvent déconcertant des résultats qu'on finit par trouver ces lois générales qui sont les éléments du savoir.

On n'a pas attendu de comprendre l'hybridation pour obtenir des hybrides, et G. Mendel ne savait pas grand'chose de la cellule lorsqu'il a découvert ses fameuses lois. On sait aujourd'hui prévoir les caractères du descendant, mais, y aura-t-il un descendant quand on fait un nouvel essai? Sur ce point, hybrider est un jeu de hasard, tant il semble impossible de prévoir le succès.

Pourtant, des séries continues d'échecs, dans les croisements même qu'on aurait le plus désirés, permettent bien de deviner quelques-unes des lois de l'hybridation. Ce sont ces lois que nous voudrions essayer de dégager, en envisageant le problème dans tout son ensemble et sa complexité.

Les conditions de l'hybridation.

L'hybridation est un cas anormal de la reproduction sexuée. Normalement, la fécondation se fait entre individus de la même espèce, différents bien sûrs, car deux individus ne sont jamais identiques, mais les différences sont négligeables, et restent dans la limite de ces variations qu'on admet à l'intérieur de l'espèce. Toute reproduction sexuée est donc une collaboration entre deux êtres, et finalement entre deux gamètes qui additionnent leurs matériaux et composent leurs influences dans l'unité vivante d'un être nouveau. Et cet être gardera, plus ou moins distincte, la trace de cette double origine : il ne sera la continuation d'aucun de ses parents, mais un individu spécial, un représentant nouveau de l'espèce.

Dans l'hybridation, les parents sont assez dissemblables pour être séparés dans la classification et porter un nom différent (hybrides d'espèce) ou même les deux (hybrides de genre) : et l'unité arrive encore à se faire. La nature unit ce que nous avons séparé, et les différences n'ont pas pour elle et pour nous la même valeur.

De multiples conditions sont pourtant nécessaires pour que la fécondation se produise, et ces conditions nous pouvons les ramener à deux :

1° — Le gamète mâle doit arriver au contact du gamète femelle, et par suite ne trouver sur sa route aucun obstacle qu'il ne puisse franchir;

2° — Arrivé au contact du gamète femelle, il doit être capable de le féconder.

Pour les animaux, la première condition consiste d'abord dans l'attrait sexuel qui diminue vite en dehors de l'espèce et disparaît, même si la fécondation est capable de se produire, comme par exemple entre le Lièvre et le Lapin.

En plus de cet attrait mutuel des individus (au-

quel on peut d'ailleurs expérimentalement suppléer), il faut « l'attrait mutuel » des gamètes, que les spermatozoïdes aient pour l'ovule une certaine affinité, un chimiotactisme qui les dirige vers lui, qui leur fait subir son attraction.

Dans une goutte d'eau où nagent des spermatozoïdes d'Oursin, si l'on met deux œufs, un d'Oursin et un d'Astérie, le premier est vite entouré d'une foule de spermatozoïdes, tandis qu'il n'y en a pas davantage autour de l'œuf d'Astérie que dans le reste de la goutte d'eau : ce dernier n'exerce aucun effet d'attraction et les spermatozoïdes passent à côté de lui comme à côté d'un corps inerte.

Pour les végétaux, les plantes supérieures du moins, l'ovule plus ou moins profondément enfoui dans l'ovaire n'a de communication avec l'extérieur que par le tissu conducteur et le stigmate. A supposer que le pollen arrive au bon moment sur le stigmate, il ne germera que s'il y trouve les conditions requises, pas trop différentes par conséquent de celles qu'il rencontre dans son espèce.

Une autre difficulté peut se trouver dans cette germination : le tissu conducteur a des longueurs bien différentes suivant les espèces, et par suite rien d'étonnant à ce qu'un grain de pollen dont le tube s'allonge ordinairement d'un centimètre ne puisse le faire assez pour un cheminement de 4 ou 5 cm. entre le stigmate et le sac embryonnaire. Il se peut aussi que la forme soit trop différente, la croissance trop lente ou bien trop rapide, etc., bref, une série d'obstacles se trouvent sur sa route qu'il n'arrivera pas à franchir (cf. W. P. Thomson, *Am. Nat.*, LXIV, 407-421; A. E. Watkins, *Journ. Gen.*, XXV, 125-162). Même si la fécondation est possible, elle n'aura pas lieu.

Il est évident que l'essentiel ne se trouve pas dans cette première condition. Il s'agit simplement d'une barrière : un habile expérimentateur saura parfois la faire franchir et régler ainsi l'arrivée des gamètes mâles au contact des gamètes femelles. Il est possible, par exemple, de faire naître une attraction entre les œufs d'Oursin et les spermatozoïdes d'Astérie, et d'obtenir la fécondation, en alcalinisant l'eau avec un peu de soude. D'autre part, en acidifiant le milieu, on empêche la pénétration des spermatozoïdes dans les ovules de leur propre espèce, et cet obstacle infranchissable reste tant qu'on n'est pas revenu au *p*H initial (cf. G. Bohn et A. Drzewina, *La chimie et la Vie*, p. 238).

Supposons tous les obstacles franchis et que le gamète mâle pénètre dans le cytoplasme du gamète femelle. Nous voici en face de la deuxième condition, essentielle celle-là. Que faut-il pour qu'ils s'unissent et que de cette union résulte un nouvel individu, un être qui vivra ?

Il faudrait, semble-t-il, que les gamètes soient identiques, mais cette condition ne se réalise sans doute jamais : il y a toujours des différences. Mais toute différence n'est pas synonyme d'incompatibilité, pas même d'infériorité. La preuve en est dans la remarquable vitalité des hybrides.

Les différences sont donc bien diverses : certaines sont négligeables, la reproduction se fait normalement; d'autres avantageuses, elles augmentent la vitalité de l'individu; d'autres nuisibles, elles donnent des individus stériles; d'autres enfin empêchent l'unité de se faire, la fécondation n'a pas lieu.

Quelles sont ces différences, et d'où viennent-elles ?

L'étude des chromosomes.

Quand on examine les différents stades intranucléaires de la fécondation, on voit les noyaux se rapprocher et se fusionner. La seule chose sur laquelle on soit à peu près bien renseigné est le comportement des chromosomes. Si la fécondation se fait entre deux individus semblables, ils sont en nombre égal des deux côtés et chacun trouve en face de lui un homologue. On pense, étant donnée l'affinité de chaque chromosome pour son homologue, qu'ils s'unissent un à un et reconstruisent ainsi l'unité des parents : le retour au stade diploïde ne présente pas de difficulté.

Dans l'hybridation, vont se trouver en présence deux groupes chromosomiques différents, et ce qui se passe alors ne manque pas d'intérêt.

Les chromosomes sont loin de trouver dans l'autre gamète les homologues qui leur conviendraient : l'affinité diminue d'autant, et il arrive souvent qu'elle est nulle.

Si l'affinité est faible, fort peu de chromosomes vont s'apparier : la plupart resteront isolés dans le descendant. C'est le cas, par exemple, de l'hybride Iris oibiensis ($n = 10$) × Iris Korolkowii ($n = 11$) où M. Simonet ne trouve que 3 à 5 paires à la métaphase hétérotypique; celui de l'hybride Iris iberica ($n = 10$) × Iris pallida ($n = 12$) où il n'en a trouvé que 2 à 3 (*Bull. Biol.*, Fr. Belg., 1932). C'est le cas de l'hybride Papaver atlanticum ($n = 7$) × Papaver dubium ($n = 14$) où Mlle Ljungdahl n'a trouvé que 1 à 3 paires (Svensk Bot. Tids, XVI, 279).

Si l'affinité est nulle, aucune paire de chro-

mosomes ne se forme entre les deux groupes : la séparation reste totale et l'incompatibilité s'avère complète.

Parfois les chromosomes restent tous isolés (asyndèse) et le cas est loin d'être rare. Il se réalise chez l'hybride Iris pallida ($n = 12$) × Iris tectorum ($n = 14$) (M. Simonet, *ibid.*), chez l'hybride Iris iberica ($n = 10$) × Iris pallida ($n = 12$) (M. Simonet, *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 1934), ainsi que chez d'autres hybrides connus depuis longtemps, tel celui qu'obtinrent L. Collins et C. Mann entre Crepis setosa ($n = 4$) et Crepis capillaris ($n = 3$) : en l'étudiant, ils remarquèrent que la répartition des chromosomes dans les gamètes est loin d'être régulière, et cette irrégularité est cause de la stérilité de tous les gamètes qui ne contiennent pas au moins 3 chromosomes (*Genetics*, VIII, 212).

Parfois, et bien plus souvent qu'on ne le pensait, les chromosomes du même gamète s'apparient entre eux (autosyndèse) ; mais cela ne semble possible que pour les plantes polyploïdes qui, dans le cours de leur histoire, ont au moins doublé le stock chromosomique originel, donnant ainsi à chaque chromosome un homologue dans son propre gamète.

M. Simonet a montré que c'était le cas normal chez les Iris Pogon : ce faisant il a porté un rude coup au préjugé favorable en faveur de l'allosyndèse, préjugé si bien établi qu'on n'avait le droit de recourir à l'autosyndèse qu'après avoir épuisé toutes les hypothèses d'allosyndèse. C'est ce qu'il avait fait lui-même pour expliquer les hybrides du type Iris-Ricardii ($n = 24$) × Iris pallida ($n = 12$) où l'on voit 12 paires se former et 12 chromosomes rester isolés à la métaphase hétérotypique. En réalité, ce sont les 24 chromosomes d'Iris Ricardii qui forment 12 paires et ceux d'Iris pallida qui restent isolés, et non pas ceux d'Iris pallida qui s'unissent par allosyndèse à 12 chromosomes d'Iris Ricardii, laissant isolés les 12 autres. De combien d'hybrides faudra-t-il ainsi changer l'explication ?

Parmi ces plantes où nous ne trouvons pas trace d'allosyndèse, deux cas peuvent se présenter : un seul des gamètes est diploïde, ou bien les deux.

Si un seul des gamètes est diploïde, lui seul pratiquera l'autosyndèse, et tous les chromosomes de l'autre resteront isolés. Il en est ainsi pour tous les hybrides du type Iris Ricardii ($n = 24$) × Iris pallida ($n = 12$) dont nous venons de parler, pour ceux du type Iris Leichtlinii ($n = 22$) × Iris Parib ($n = 10$) où l'on voit 11 paires et 10 isolés, pour ceux du type Iris Korolkowii ($n = 11$) × Iris macrantha ($n = 24$) où l'on trouve 12 paires et 11 isolés.

Si les deux gamètes sont diploïdes, l'autosyndèse sera complète, chaque chromosome trouvant à s'apparier dans son propre groupe. L'Iris Hoogiana ($n = 22$) croisé avec l'Iris macrantha ($n = 24$) donne un hybride où nous trouverons 23 paires, 11 venant de l'Iris Hoogiana et 12 de l'Iris macrantha. Malgré l'autosyndèse totale, nous avons une plante d'apparence normale, donnant des gamètes normaux, si bien que M. Simonnet en a fait une espèce nouvelle (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 1934, 314).

De toute cette étude chromosomique de l'hybridation, un fait ressort avec évidence, c'est l'incompatibilité normale, plus ou moins prononcée entre les chromosomes des deux gamètes. L'incompatibilité a beau être complète, l'hybridation reste possible, et l'on peut même avoir des hybrides féconds, soit dans l'asyndèse totale : l'hybride Crepis setosa × Crepis capillaris a un certain nombre de gamètes normaux ; soit dans l'asyndèse d'un groupe et l'autosyndèse de l'autre : les hybrides du type Iris Ricardii × Iris pallida ont 50 % des grains de pollen normaux ; soit dans l'autosyndèse totale : l'Iris autosyndetica a du pollen normal.

Le problème de l'hybridation reste donc entier. Comment un individu peut-il vivre avec deux groupes chromosomiques incompatibles entre eux ? Comment ces deux groupes peuvent-ils former une unique cellule et se perpétuer, toujours voisins et toujours séparés ? Comment surtout un tel hybride peut-il être fertile ? Autant de problèmes insolubles. Seront-ils plus clairs en les abordant par un autre biais ?

L'équilibre interne.

Lorsque, tous les obstacles physiques franchis qui étaient capables de l'arrêter, le gamète mâle se trouve en face du gamète femelle, une question doit, semble-t-il, se poser : ont-ils le même équilibre interne ? leur chimisme est-il compatible ?

On peut concevoir que, s'il l'est, l'union soit possible, même si les chromosomes restent séparés par des obstacles physiques, forme diverse, taille différente, etc., qui les empêcheraient de trouver un homologue, mais non pas de collaborer à la vie de la cellule. L'union se ferait par l'intermédiaire du milieu qui, lui, serait unifié. Peu importe que les chromosomes aient eu entre eux un contact matériel ou soient capables de l'avoir, le milieu dans lequel ils vivent, dont ils se nourrissent, sur lequel ils agissent, c'est lui qui doit être unique pour que la Vie soit possible. Il faudra

même qu'il soit semblable dans les deux parents pour pouvoir s'unifier sans changer, et laisser les chromosomes dans un milieu tel que celui dont ils viennent.

Ce qu'il serait important de connaître par conséquent pour prévoir si l'hybridation est possible, c'est le chimisme des gamètes, tandis que pour prévoir si les chromosomes s'uniront, ce serait surtout leurs propriétés physiques, taille, forme, etc.

Or, que sait-on du chimisme des gamètes? Fort peu de choses encore. Nous le connaîtrions directement si nous savions la constitution exacte et la proportion de chacun de ses composants, mais le jour où nous pourrons réaliser cette délicate analyse est encore bien loin.

Pourtant, si nous étudions un aspect important de cet équilibre nous en aurons une connaissance précise, bien qu'incomplète. N'oublions pas en effet que l'être vivant n'est pas un ramassis sans ordre de corps chimiques sans relation l'un avec l'autre : le vivant nous présente un ordre magnifique, une remarquable unité. Il a son ordre à lui, et c'est cet ordre qui le caractérise; il a, dans chacune de ses cellules, dans chacun des individus de son espèce et de sa race, son équilibre fondamental et immuable, ou presque, pendant sa vie. Cet équilibre peut s'adapter aux différentes fonctions mais, sous toutes ces modifications accessoires, nous le retrouvons foncièrement identique.

C'est précisément à cause de cette constance et de cette unité qu'il est, jusqu'à un certain point, possible de connaître le tout par une de ses parties, un peu comme nous connaissons la forme et la superficie de la terre par la mesure d'un seul degré : le détail a sa place dans l'ensemble, et, en étudiant ses variations, nous pouvons trouver sa constance. A. Mayer et G. Schaeffer l'ont fait pour les tissus animaux. Ils ont démontré que les constituants fondamentaux du vivant ne sont pas répartis d'une manière quelconque, et que, sous leur apparente diversité, une étude approfondie découvre toujours des constantes (Recherches sur les constantes cellulaires, *Journ. Physiol. Pathol. générales*, 1914).

Ils ont étudié les lipides, en soumettant les animaux à l'inanition pour éliminer tout ce qui n'est pas essentiel. Ils remarquent que la teneur des acides gras varie beaucoup suivant les espèces, tandis qu'à l'intérieur de l'espèce elle reste identique malgré la variété des tissus : cette quantité d'acides gras est une constante cellulaire.

Etudiant ensuite le cholestérol, ils se sont aperçu que sa teneur dans les tissus révélait encore une constante, mais une constante d'un tout autre ordre : il ne varie pas suivant les espèces, mais suivant les organes, de sorte qu'un organe identique, ayant la même fonction physiologique possède, à travers les espèces différentes, une quantité tout à fait comparable de cholestérol.

On peut donc caractériser les organes par leur teneur en cholestérol, et les espèces par la teneur en acides gras, ou bien par le rapport Cholestérol/Acides gras qu'on appelle coefficient lipocytique. C'est ainsi, pour ne rappeler qu'un exemple, que ce coefficient est chez le chien de 20,0 pour le poumon et 2,2 pour le muscle, tandis que chez le Cobaye ces coefficients sont de 15,5 et 1,6.

La teneur en eau, ou en toute autre substance, peut être étudiée de la même façon, et l'on trouve encore une constante, un équilibre. « Chacun de ces équilibres, et c'est un point capital, dit très justement A. Mayer, ne saurait être considéré isolément dans la cellule. Ils sont nécessairement interdépendants. On sait par exemple que l'équilibre d'oxydo-réduction dépend de l'équilibre acide-base du milieu; et, d'une façon plus générale, que tous les équilibres mis en jeu par l'ionisation des électrolytes — et presque tous les corps entrant dans la cellule ont une électro-valence — sont forcément liés entre eux » (*Encycl. Française*, 4-14-15). L'ensemble de ces équilibres forme cet équilibre interne si complexe et si stable.

Il peut être semblable ou du moins très voisin chez les deux gamètes malgré des chromosomes de taille, de forme et de nombre différents; c'est du moins ce qu'il me semble devoir supposer pour expliquer les résultats de l'hybridation. Par suite de ce chimisme semblable dont ils sont l'élément figuré et peut-être catalytique, les chromosomes sont aptes à collaborer, même sans s'unir, tout comme le sont les chromosomes différents du même gamète qui dans tout le cours de leur histoire ne se sont jamais appariés, et qui pourtant collaborent étroitement dans une harmonie aussi remarquable que continue.

Pour étudier cet équilibre chez les animaux, Mayer et Schaeffer ont pris les lipides. Chez les Végétaux, il est tout indiqué de prendre les glucides. N'ont-ils pas l'importance qu'ont les lipides pour les animaux? Comme eux ne représentent-ils pas la majeure partie des substances polymérisées sous forme de réserves? Comme eux ne sont-ils pas un des éléments essentiels du vivant, entrant même dans la constitution des nucléoprotéides? Ils sont surtout les instruments indispensables de la vie végétale : c'est en eux que la plante transforme le CO^2 atmosphérique dont elle se nourrit, c'est eux qui sous forme de glucose sont l'aliment respiratoire et sous forme de fructose le matériel de construction, c'est eux qui seraient employés semble-t-il pour éliminer sous

forme d'hétérosides les substances génantes. Ils ont donc une importance vitale, et par suite il est certain que leur connaissance nous révèlera quelque chose de l'équilibre central et du chimisme intérieur.

LES GLUCIDES.

Si l'on ne tient pas compte de l'eau, les glucides forment environ les 2/3 des différents végétaux. Une partie en est immobilisée plus ou moins définitivement dans la construction des parois cellulaires et des tissus de soutien, et ne semble pas avoir une grande importance physiologique.

Une deuxième partie est, sous forme de « substances de réserve », fortement polymérisée; son activité chimique est relativement faible mais ce n'est qu'un affaiblissement provisoire, et, tôt ou tard, ces substances rentreront dans le courant vital.

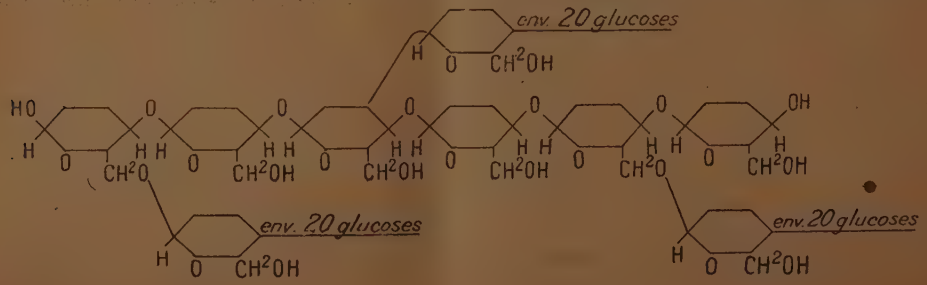
Une troisième partie, la plus importante physiologiquement, est constituée par les glucides à petite molécule, les oses utilisés directement dans la vie de la plante comme aliment respiratoire, comme matériel de construction ou même comme instrument de transport. Malheureusement — peut-on dire à notre point de vue — ces oses sont désespérément banaux et communs : chez presque tous les végétaux, c'est le glucose que nous trouvons avec son compagnon ordinaire, le fructose.

Ce sera donc la deuxième partie que nous étudierons : elle est d'ailleurs la plus variée. Dans ces corps transitoires qui se forment ou bien s'hydrolysent, suivant la plus ou moins grande abondance des oses dans le milieu, il est normal que nous trouvions un aspect caractéristique de la vie de la cellule. Si telle plante fabrique uniquement de l'amidon, il faut bien admettre qu'elle diffère de telle autre qui fabrique de l'inuline ou de l'irisine. Par quel mécanisme se fait cet aiguillage vers l'amidon ou vers l'inuline? nous ne le savons pas, mais nous pouvons du moins affirmer qu'il existe et qu'il est constant chez la plante, et qu'il a une importance vitale de premier ordre.

C'est ce mécanisme, ou plutôt ses produits, que nous allons rapidement envisager : les holosides, en particulier les polymères du glucose et du fructose. Nous pouvons les diviser en trois groupes : les composés du fructose seul ou fructoholosides, les composés du glucose seul ou glucoholosides, et les intermédiaires composés en même temps de fructose et de glucose. Le plus connu de ces intermédiaires est le saccharose, formé d'une molécule de fructose et d'une molécule de glucose. Du saccharose à l'irisine, type des fructoholosides, on trouve une série d'holosides où domine le fructose, avec une quantité de moins en moins grande de glucose. Par contre, entre le saccharose et l'amidon on ne trouve pas la série symétrique à proportions décroissantes de fructose : la trouvera-t-on, ou bien est-elle irréalisable par suite de propriétés physico-chimiques encore inconnues? nous ne le savons pas.

Quoi qu'il en soit, nous nous trouvons en face de trois séries d'holosides : les glucoholosides, les fructoholosides, et ces intermédiaires où domine plus ou moins largement le fructose, les fructoglucoholosides.

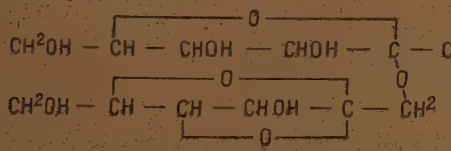
Les Glucoholosides. — Le plus important, le seul ordinairement, est l'amidon, commun à tous les Phanérogames. Comme il se trouve toujours à l'état d'élément figuré, on ne le connaît chimiquement qu'en l'hydrolysant, d'où la divergence d'opinions et les difficultés pour fixer sa formule de constitution. Pour Maquenne il serait constitué d'environ 80 % d'amylose et 20 % d'amylopectine : ces pourcentages ont été très discutés et presque tous les chiffres proposés depuis 20 % jusqu'à 87 % d'amylopectine (Samec, Pringsheim). Après les derniers travaux, ceux surtout de A. Pictet et de ses collaborateurs, cette opinion semble perdre du terrain et l'on revient à la conception d'un individu chimique homogène. Sa formule exacte serait $C^6H^{10}O^5)^n$, n étant très grand, plus de 100 peut-être, et il serait constitué par des chaînes de maltose unies les unes aux autres par perte d'une molécule d'eau. Voici par exemple la formule d'un amidon donnée par Staudinger-Husemann (*Ann.*, 527, p. 234, 1937).



Même si cette formule est démontrée, elle n'explique pas tout. Il n'y a pas un amidon, mais une multitude d'amidons, et les différences qui les séparent peuvent être énormes : l'amidon du riz a une grosseur d'environ 2 μ, celui de la pomme de terre peut en avoir 200; le premier est dur, le deuxième mou, le 1° polyédrique, le 2° ovoïde allongé, le 1° gonfle dans l'eau chaude à 80°, le 2° à 65°, etc.

Aucun amidon n'est vraiment identique à celui d'une autre espèce, même à l'intérieur du genre, et c'est ce qu'a montré E.-T. Reichert dans deux ouvrages monumentaux de l'Institut Carnegie (The differenciation and specificity of Starches in relation to genera, species, etc., 1913 — A Biochemic basis for the study of problems of taxonomy, heredity, evolution, 1919). L'étude des amidons n'est pas encore finie.

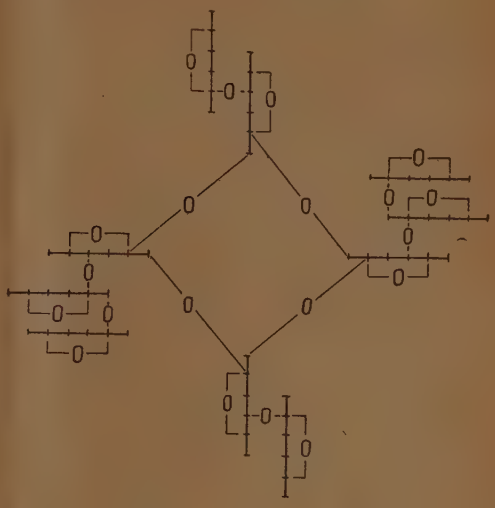
Les Fructoholosides. — Ils ont été l'objet de nombreux travaux en France (H. Colin, H. Belval) ou à l'étranger, en Allemagne surtout où H. Schlubach et ses collaborateurs en ont étudié la constitution. Voici leur façon d'opérer : une hydrolyse acide très lente (plusieurs heures) est suivie par le pouvoir rotatoire en même temps que par le pouvoir réducteur. Si le fructoholoside s'hydrolysait directement en fructose, les deux marches seraient normales et concordantes : il n'en est rien. Le pouvoir réducteur va beaucoup plus lentement au début que le pouvoir rotatoire : il apparaît donc un corps intermédiaire qui augmente le pouvoir rotatoire sans augmenter le pouvoir réducteur. On arrête l'hydrolyse au moment où la différence entre les deux pouvoirs est la plus grande, et on isole ce corps intermédiaire dont la constitution éclairera la formule générale de l'ensemble. Ils ont ainsi trouvé que la molécule fondamentale de l'irisine serait l'irisane :



Reste à connaître la position de chaque fructose dans la molécule : on méthyle les divers fructoholosides et l'on obtient du diméthylfructose, du triméthylfructose et du tétraméthylfructose en proportions différentes : 2 du 1° pour 1 du 2° et 2 du 3° soit :

2 — 1 — 2 pour la graminine;
1 — 0 — 1 pour l'irisine;
1 — 3 — 1 pour la sinistrine;
3 — 1 — 3 pour la triticine.

Munis de ces documents, ils ont proposé pour la graminine une formule cyclique ramifiée, composée de 10 fructoses, dont voici le schéma :



Pour la triticine, ce serait encore une formule cyclique avec répétition régulière des ramifications. Pour la sinistrine, l'irisine et surtout l'inuline, les précisions sont moindres (Liebig's, *Ann. Chem.*, 1933-1937). Tous ces fructoholosides forment un groupe homogène qu'on ne peut distinguer que par la stéréochimie et les propriétés physiques assez variées : pouvoir rotatoire, point de fusion, hygroscopicité, etc.

Les Fructoglucoholosides. — Ce nom aussi barbare qu'inharmonieux désigne les composés de glucose et de fructose avec prédominance de ce dernier. Ils sont nombreux et variés comme le montrent en particulier les travaux de H. Colin et de ses élèves. C'est ainsi que par l'étude des Iris nous en avons trouvé deux nouveaux : l'Apogoholoside chez les Iris Apogon et le Xiphioholoside chez les Xiphium (J. Carles, *Rev. Gén. Bot.*, 1935), allongeant une liste déjà bien longue et complexe mais qui se simplifiera peut-être le jour où ces glucides seront chimiquement mieux connus. Jusque-là, il nous est difficile de dire sur eux des choses bien précises.

Remarquons cependant que le glucose ne paraît pas se trouver en toutes proportions décroissantes vis-à-vis du fructose : les proportions communes semblent être de 1 pour 5 à 6 de fructose (pouvoir rotatoire de — 70° après hydrolyse) et de 1 pour 10 à 12 de fructose (pouvoir rotatoire légèrement supérieur à 80° après hydrolyse). Dans chacun de ces groupes plus ou moins nets et plus ou moins sujets à caution, il se pourrait que toutes les différences viennent du cycle dif-

férent de la molécule et de la position dans l'espace des différents oses, comme pour les fructoholosides et peut-être aussi l'amidon.

L'apogoholoside et le xiphioholoside appartiennent au second groupe, en même temps semble-t-il que l'inulénine, la lévosine, et plusieurs autres qu'il faudrait connaître davantage pour avoir sur eux des opinions bien nettes.

Au premier groupe appartiennent les fructoglucoholosides secondaires des Iris, et sans doute l'asphodéloholoside, la synanthrine, etc.

Peut-on d'après ces chiffres faire l'hypothèse que le cycle de polymérisation du fructose ne se ferait que par 6 ou un multiple de 6 ? Cela me semble trop hardi : tous ces groupements sont encore bien précaires.

L'importance des glucides. — Même si nous ne connaissons pas à fond les glucides — y a-t-il quelque chose que nous connaissions à fond ? — il est incontestable qu'ils sont bien divers. Et cette diversité, à partir du même CO^2 atmosphérique, nous avons beau ne pas savoir comment elle s'est faite, nous pouvons affirmer qu'elle existe et qu'elle est l'œuvre de la plante. Par conséquent, nous sommes en présence d'un élément spécial et constant dans l'espèce considérée, si spécial et si constant que nous avons pu classer d'après lui les espèces d'Iris, préciser même leur classement botanique en expliquant certaines anomalies (*Ibid.* et *Bull. Soc. Fr. Bot.*, 1934).

Ce mécanisme semble bien être une des pièces maîtresses de l'équilibre interne et du chimisme vital, bien plus important que certaines modifications plus apparentes parce que plus extérieures. Nous avons en effet remarqué qu'on n'a jamais pu réussir une hybridation entre des espèces où ce mécanisme diffère : et nul ne peut objecter que les essais n'ont pas été nombreux. Toutes les fécondations réussies le sont entre Iris à glucides qualitativement identiques.

Ne rappelons ici que les plus caractéristiques de ces réussites, celles où les chromosomes des deux gamètes sont si différents qu'ils ne peuvent s'unir.

Le type de l'asyndèse totale est l'hybride entre Iris pallida et Iris tectorum. Aucun des deux n'a de composés de fructose en dehors du saccharose (5,6 % chez le premier, et 2,7 % chez le second); comme holosides, ils n'ont que de l'amidon (10,5 % et 4 %).

Le type de l'asyndèse d'un groupe en face de l'autosyndèse de l'autre est l'hybride de l'Iris Korolkowii avec l'Iris macrantha. Ils ont de l'amidon (11 % et 7,5 %), du saccharose (1,9 % et 6,2 %) et des oses (0,56 % et 0,46 %).

Le type de l'autosyndèse complète, l'Iris autosyndetica, provient de l'Iris Hoogiana et de l'Iris macrantha qui renferment encore de l'amidon (11,8 % et 7,5 %), du saccharose (1,2 % et 6,2 %) et des oses (0,3 % et 0,46 %).

Les hybrides d'Iris à fructoholosides n'ont pas été étudiés chromosomiquement. Il serait pourtant bien intéressant de savoir ce que deviennent les chromosomes de l'Iris pseudacorus ($n = 54$) en face de ceux d'Iris versicolor ($n = 17$). Les deux ne renferment pas trace d'amidon dans leur rhizome, mais beaucoup d'irisine (4,68 % et 7 %) en compagnie de saccharose (0,28 % et 2,5 %) et d'une petite quantité d'oses (0,51 % et 0,4 %).

Inutile de multiplier les exemples : mieux vaut considérer les conclusions qu'on peut en tirer. Non pas certes que tout s'explique par la différence des glucides, mais, s'il est vrai, comme nous sommes en droit de le supposer, que la présence constante de tel ou tel glucide révèle un mécanisme interne et profond, nous pouvons conclure que leur diversité révèle un équilibre, un chimisme différent. Et si la différence glucidique n'est pas celle qui empêche la fécondation de se produire, nous pouvons du moins conclure qu'elle est intimement liée avec elle : et par conséquent, connaître l'une ou l'autre revient pratiquement au même.

Toute différence est-elle importante, et la fécondation requiert-elle une parfaite identité glucidique ? Evidemment non, et E. T. Reichert a montré qu'elle réussissait très bien entre plantes à amidons différents. Réussira-t-elle entre fructoholosides différents ? Quoique cette réussite n'ait pas encore eu lieu, on ne peut l'affirmer impossible puisque, nous l'avons dit, ce qui importe beaucoup plus encore que les matières de réserve, c'est le chimisme intérieur, et nous ne pouvons pas affirmer que les différences physiques, assez petites en somme, qui séparent les fructoholosides entraînent dans l'équilibre interne des différences assez importantes pour rendre impossible la fécondation.

Il semble que la différence entre les fructoholosides et les glucoholosides, ou même les fructoglucoholosides, soient par contre assez importantes pour empêcher l'hybridation.

C'est ainsi que prenant dans le genre Iris les espèces rhizomateuses, nous pouvons les diviser au moins en trois grands groupes d'après leurs polyholosides : les Iris à fructoholoside (irisine), les Iris à amidon et les Iris à fructoglucoholosides et amidon.

Nous pouvons affirmer que nous sommes en présence de trois chimismes différents, incompatibles entre eux. A l'intérieur de ces groupes, des

deux premiers surtout, on peut hybrider sans tenir aucun compte des groupes et des sections que les botanistes ont cru devoir établir, ni des rapprochements qu'ils ont faits; on peut ne pas se préoccuper des chromosomes : ils s'uniront s'ils ont des affinités les uns pour les autres, sinon, ils resteront séparés, et l'hybridation se fera quand même.

Entre ces groupes, aucune fécondation ne se fera — témoin des milliers d'échecs — même si les deux Iris sont très proches pour les botanistes, même s'ils ont des chromosomes égaux en nombre et identiques de forme. L'important pour l'hybridation, c'est la compatibilité réciproque de l'équilibre interne.

Conclusion.

En somme, voici comment pourraient se concevoir le mécanisme et les possibilités d'hybridation.

Deux sortes d'obstacles sont à vaincre : extérieurs, qui empêchent l'arrivée des gamètes au contact l'un de l'autre; intérieurs, qui les empêchent de s'unir et de collaborer à la constitution d'un nouvel être vivant.

Les obstacles extérieurs seront en général d'autant plus grands et d'autant plus nombreux que les candidats à l'hybridation seront, dans la classification, plus éloignés l'un de l'autre.

Si ces obstacles sont vaincus, les gamètes arrivent au contact l'un de l'autre. Deux différences peuvent alors les séparer : morphologique, les chromosomes, et chimique, leur équilibre interne.

La différence morphologique n'empêche pas l'hybridation. On admet que normalement les chromosomes s'unissent un à un avec ceux de l'autre parent et reforment ainsi le nombre diploïde : assez souvent, cet appariement ne se fait pas ou bien ne se fait qu'en partie; malgré cela, l'hybridation réussit et peut même donner naissance à des individus féconds.

Ce qui permet alors la réalisation de l'unité du vivant et la collaboration des deux groupes chromosomiques, c'est la ressemblance chimique de l'ensemble, c'est que les deux équilibres internes ont pu se fondre et s'unifier.

Ainsi, sur ce point particulier de l'hybridation et de ses possibilités, il importerait surtout de connaître le milieu intérieur du vivant : dans l'état actuel de la Biochimie, ce sont les glucides qui pour le monde végétal nous renseignent le mieux, et c'est pourquoi leur étude nous permet, jusqu'à un certain point de prévoir.

Ces hypothèses sont loin d'être définitives. Puissent-elles du moins, à travers un point de détail, servir à mieux comprendre comment ce réalise cette mystérieuse unité de la Vie.

Jules Carles.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Miller-Thomas (Joseph) : **Differential Systems.** — American mathematical Society colloquium publications, *vol.* XXI. — *Un vol. de* 118 *p. publié par l'American Mathematical Society, New York,* 1937.

Dans ce livre, M. J. M. Thomas se propose de développer la théorie moderne des systèmes d'équations aux dérivées partielles ainsi que celle des systèmes de Pfaff d'un point de vue tel que les liaisons existant entre ces théories soient constamment en évidence. Les questions examinées se rapportent presque exclusivement aux conditions d'existence des solutions et aux méthodes d'approximations qui permettent de les calculer.

Afin de présenter ces résultats à la fois sous une grande généralité et sous des formes précises, l'auteur s'est vu obligé de donner à son exposé une forme axiomatique, un certain nombre de théorèmes étant posés en postulats et la théorie totale en étant exclusivement déduite. Une telle construction ne trouve sa pleine forme qu'en utilisant constamment les théories et l'algorithme de l'algèbre moderne. Ceci a nécessité notamment le développement de la théorie de certains anneaux de polynomes non commutatifs désignés sous le nom d'anneaux de Grassmann, sans que la théorie des anneaux de polynomes commutatifs soit développée, d'après les idées introduites par Grassmann et utilisées par M. Cartan.

Une partie importante du livre expose des travaux personnels de l'auteur notamment les chapitres réservés à l'exposé d'une nouvelle méthode de résolution des systèmes d'équations algébriques simultanées, basée principalement sur l'algèbre et qui diffère dans ses buts et ses méthodes de la théorie de Ritt. Cette méthode de traiter le cas algébrique fournit ensuite un modèle qui permet sous certaines limitations de traiter le problème de l'élimination pour les systèmes de fonctions. Ces méthodes sont ensuite appliquées à la théorie des systèmes de Pfaff.

G. P.

2° Sciences physiques et chimiques.

British chemicals and their manufacturers (Produits chimiques britanniques et leurs fabricants). — *1 vol. relié de 466 pages. Édit.* : Association de fabricants britanniques de produits chimiques, *Londres.* 1937. *Deuxième édition.*

Ce livre est publié par l'*Association de Fabricants britanniques de Produits chimiques* (Siège social : 166, Picadilly, Londres, W. 1). Il a pour but de fournir aux acheteurs de toutes les parties du monde des renseignements sur les produits fabriqués par l'Association.

Cette dernière n'est pas une entreprise commerciale et ne tire aucun profit des affaires traitées par des membres. Elle ne s'immisce en aucune façon dans les combinaisons commerciales de ses membres et ne cherche en aucune manière à les détourner de traiter leurs affaires soit directement, soit en se servant de négociants ou d'autres intermédiaires établis. Tous les membres de l'Association sont réellement des fabricants britanniques de produits chimiques et tous ont déclaré formellement qu'ils fabriquent vraiment les produits mentionnés sous leurs noms.

Toutes les fois que des personnes se proposant de faire une acquisition éprouveront une difficulté quelconque à se procurer un article particulier, celles-ci sont priées de se mettre immédiatement en rapport avec l'Association qui fera les enquêtes nécessaires pour fournir les renseignements demandés.

L'ouvrage est envoyé *gratuitement* à tous ceux qui en feront *directement* la demande au siège de l'Association.

E. Cattelain.

***

Esclangon (E.). — **La notion de temps ; temps physique et relativité. La Dynamique du point matériel.** — *1 vol. in-8° de 78 pages. Gauthier-Villars, Paris (Prix : 20 fr.).*

Après avoir montré que la notion du temps métaphysique ne peut servir à la science, M. Esclangon le sympathique directeur de l'Observatoire de Paris, montre qu'en admettant une notion rationnelle du *temps physique*, malgré tout conventionnelle, on peut, en admettant que les lois de la nature sont les mêmes dans deux systèmes en mouvement relatif uniforme, établir les formules de Lorentz et les équations générales de la dynamique du point matériel, sans faire appel à aucune donnée physique et à aucun principe de mécanique. L'auteur en conclut que le vide de notre univers doit être un vide *physique* et que, de ce fait, les principes de la relativité doivent être modifiés lorsqu'il s'agit de mouvements à très grande vitesse. Ces notions éclairent d'un jour nouveau l'interprétation qu'on doit sans doute donner au décalage des raies spectrales vers le rouge, et que nous constatons dans les spectres des nébuleuses lointaines. Aux effets du principe Doppler-Fizeau, s'ajouteraient d'autres effets provenant d'une altération des rayons lumineux due surtout à une absorption dans les espaces interstellaires.

Ainsi s'expliquerait ce que l'on a appelé « l'expansion de l'Univers », phénomène qui ne serait qu'apparent et non réel.

Th. Moreux.

3° Sciences naturelles.

Bois (D.). — **Les Plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers tous les âges : histoire, utilisation, culture.** — *Éditeur : Paul Lechevalier.*

Ce dernier tome (Tome IV) aussi complet que les précédents traite des plantes à boissons. Vignes, poivriers et pommiers sont les chapitres les plus précieux pour nous mais le thé, le café et autres plantes exotiques sont exposés avec autant de soins.

R. P.

***

Verlaine (Louis). — **Histoire naturelle de la Connaissance chez le Singe inférieur. Le syncrétique.** *Hermann, éditeur, Paris.*

La riposte du Singe est directe et rapide à l'égard des friandises. Des associations superficielles servent à découvrir l'aliment sous les objets les plus divers. Le jeu de la perception, du souvenir et de la connaissance sont réveillés quand cela est nécessaire pour satisfaire un besoin. Il faut lire les belles expériences de l'auteur et voir ses planches pour s'en convaincre.

R. P.

4° Sciences médicales

Hermann (G.) et **Morel** (Ch.) — **Précis d'anatomie pathologique.** *3e édition revue et corrigée par* J. Tapie, *Prof. d'Anatomie path. et* L. Morel, *Prof. agr., tous deux à la Faculté de Médecine de Toulouse. — 1 vol. in-8° de 700 pages, avec 378 fig. dans le texte. G. Doin et Cie, édit. Paris,* 1937. *Prix cart. : 130 fr.*

Dans cette 3e édition du *Précis d'Anatomie Pathologique*, les Professeurs Tapie et Morel ont conservé les dispositions adoptées dans les éditions précédentes : Les modifications structurales communes à toutes les parties y sont d'abord minutieusement décrites; puis, dans une 2e partie, sont envisagées les altérations des différents organes et celles propres à chaque maladie.

Par contre, tous les chapitres ont été très largement remaniés, et le lecteur y trouvera les données actuelles sur les altérations morphologiques des humeurs et des tissus.

Ainsi revisée et illustrée de nombreuses figures, la 3e édition du *Précis d'Anatomie Pathologique* est, à vrai dire, un livre tout nouveau, qui, par la clarté et la précision des descriptions, sera — on ne saurait en douter — très favorablement accueilli par les étudiants et par tous ceux qu'intéresse l'étude des lésions déterminées par les divers processus morbides.

Ajoutons que les figures, chose importante dans un ouvrage d'anatomie pathologique, sont très nettes et particulièrement bien venues.

G. D.

5° Art de l'Ingénieur.

Grenet (L.), — **Thermodynamique et métallurgie.** *Préface de* G. Charpy. — *1 vol. in-8° de 222 pages avec 50 fig. Béranger, Paris,* 1937. (*Prix, br. : 60 fr.*).

Sous le titre *Trempe, recuit, cémentation et conditions d'emploi des aciers*, M. Grenet avait déjà rédigé un important ouvrage qui est plus spécialement destiné aux praticiens et dont les éditions successives attestent le succès.

Le présent livre, de caractère théorique, complète le précédent et constitue la mise au point des réflexions auxquelles l'auteur s'est livré, pendant de longues années, sur les sujets les plus ardus, avec le souci constant de les appliquer aux problèmes d'ordre pratique qu'il avait à résoudre. Il relève de ce que l'on peut appeler la partie spéculative de la métallurgie, pour reprendre l'heureuse expression employée par M. Charpy dans sa préface. Il est divisé en trois parties principales dont la troisième a reçu le plus grand développement et respectivement intitulées :

I. Caractéristiques des systèmes et des milieux. Généralités sur l'utilisation de l'énergie.

II. Application des principes de la thermodynamique aux phénomènes chimiques.

III. Quelques exemples industriels et métallurgiques.

Outre la valeur propre de cet intéressant ouvrage, on ne saurait trop louer l'exemple ainsi donné par l'ingénieur qu'est M. Grenet à ses collègues de toutes spécialités dont l'activité intellectuelle risque trop souvent d'être complètement absorbée par les exigences du métier et par l'âpreté de la lutte économique.

Ph. Tongas.

6° Divers.

Thomann (Colonel J.).— **Danger aérien et défense aérienne.** — *Une brochure de 32 pages, tirage à part du* Zyma Journal, *2e année,* 1937, *n° 1.*

L'auteur, Pharmacien en Chef de l'Armée fédérale suisse, a condensé dans cette brochure tout ce que les sanitaires et le public cultivé doivent connaître du danger aérien et de la défense aérienne passive.

La *première partie* constitue un vivant exposé des dangers que présente pour la population civile la guerre aérienne, par ses attaques avec bombes brisantes, incendiaires et à gaz, attaques qui, sans nul doute, seraient renforcées par le jeu des armes à feu, des mitrailleuses et des canons légers à tir rapide montés sur avions.

La *deuxième partie* a trait à l'organisation de la défense aérienne passive et renferme de multiples indications sur le caractère et les tâches de cette défense tant au point de vue individuel que collectif. L'organisation des abris, des postes sanitaires, des services de détection et de neutralisation est décrite d'une façon magistrale et très sûre.

Cette brochure est à la fois une œuvre personnelle et originale. Excellent et clair travail de synthèse, d'une lecture aussi attachante que substantielle, l'ouvrage du Colonel Thomann constitue une mine féconde où les spécialistes et tous ceux que préoccupent les dangers de la guerre chimique trouveront les plus profitables indications.

E. Cattelain.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 21 Février 1938 (suite).

2° Sciences physiques et chimiques (suite). — M. **A. Lassieur** : *Méthode de dosage du gaz carbonique basée sur la conductibilité électrique des solutions de baryte.* L'auteur absorbe CO^2 par un volume connu de solution de baryte titrée; l'excès de réactif est déterminé par la conductibilité électrique du liquide. — MM. **R. Paul** et **G. Hilly** : *Sur la préparation d'un fer actif et son application à la semi-hydrogénation des dérivés acétyléniques.* Le catalyseur est préparé en attaquant des alliages Al-Fe à 20-30 % de Fe sous forme de $FeAl^3$ par une solution de NaOH ; le fer ainsi obtenu se présente sous forme d'une poudre noire très pyrophorique. Il agit sur les triples liaisons et permet de transformer aisément les dérivés acétyléniques en dérivés éthyléniques. — MM. **H. Clément** et **J. Savard** : *Sur la méthylation du xylène.* Les réactions conduisant aux différents dérivés sont successives et non simultanées. La réaction de Friedel et Crafts ne substitue qu'un seul radical à la fois.

3° Sciences naturelles. — M. **Alfred Lacroix** : *Les roches grenues conjointes de l'ankaratrite deu Takarindiha, à Madagascar.* Les pegmatitoïdes de Takarindoha et de Barneire sont les seuls, parmi ceux qui ont été observés, où l'alcali prédominant n'est pas le même que dans la lave à faciès basaltique conjointe. — M. **André Lenoble** : *Sur la chronologie des éruptions volcaniques du massif de l'Ankarara (Centre deMadagascar).* — M. **Fridolin Firtion** : *Sur les caractères fauniques des calcaires givétiens de la région de Schirmeck.*

Les gisements étudiés ont une faune assez homogène, où dominent avec les Stromatoporidés (*Stromatopora, Actinostroma, Stromatoporella*), quelques Tabulés et Polypiers isolés et branchus, ainsi que des Crinoïdes, les autres fossiles restant des formes rares. — M. **Jean Lacoste** : *Sur le style des branches internes de la virgation sud-rifaine et le Massif profond de Karia.* — M. **Albert Vandel** : *Les chromosomes des Asellotes.* Trois espèces d'eau douce appartenant à la famille des *Asellidae* ont été étudiées : deux formes épigées, *Asellus aquaticus* et *A.* (*Proasellus*) *meridianus*, et une forme cavernicole *Stenasellus Virei*. L'équipement chromosomique des deux premières espèces se compose de huit éléments, aussi bien chez le mâle que chez la femelle : le nombre chromosomique de base est donc chez les Asellides $n = 8$. Chez *S. Virei*, les éléments chromatiques sont très petits, punctiformes et très nombreux. Mais la taille très réduite de ces éléments interdit de les assimiler aux chromosomes d'*Asellus* et de *Proasellus* et de considérer *S. Virei* comme une forme polyploïde. L'équipement chromosomique de *Stenasellus* résulte vraisemblablement de la *fragmentation simultanée* d'éléments chromatiques du type *Asellus*. — M. **Georges Schaeffer** : *Origine de l'extra-chaleur dans l'action dynamique spécifique des protides.* L'hyperaminoacidémie qui suit l'administration de protides entraîne par excitation du sympathique la libération d'une ou plusieurs hormones qui sont responsables de l'apparition d'extrachaleur, donc de l'action dynamique spécifique (A. D. S.). Ces hormones agissent soit uniquement en augmentant les oxydations dans le système spécifique, indépendant, de la thermorégulation (lipides), soit en provoquant simultanément une modification du mécanisme de la désamination. En présence d'adrénaline, la désamination oxydative de Krebs se produirait ; l'eau oxygénée qui prend naissance oxyderait secondairement un métabolite livrant toute son énergie sous forme de chaleur inutilisable. — MM. **Jean Roche** et **Maurice Fontaine** : *Sur le pigment respiratoire de la Lamproie marine* (Petromyzon marinus *L.*) *et sur la répartition zoologique des pigments respiratoires protohématiniques* (*hémoglobines et érythrocruorines*. Le chromoprotéide respiratoire de la Lamproie marine est une érythrocruorine, analogue par son point isoélectrique et son état micellaire à celles existant dans les globules rouges de nombreux Invertébrés. Toutefois, sa composition en acides aminés est, à certains égards (teneurs en histidine et cystine), voisine de celle caractérisant ces dernières et à d'autres (teneurs en arginine et lysine), semblable à celle des hémoglobines. Erythrocruorine d'un type particulier, il constitue une sorte d'intermédiaire entre les pigments respiratoires hématiniques des Vertébrés autres que les Cyclostomes et ceux des Invertébrés. On a donc ici un nouvel argument tendant à séparer des Poissons, les Cyclostomes, les plus primitifs des Vertébrés actuels. MM. **R. Dujarric de la Rivière** et **P. Garnal** : *Sur la toxicité des spores de l'Amanite phalloïde.* Les spores d'*Amanita phalloides* sont toxiques et cette toxicité, qui est élevée, n'est sensiblement altérée ni par le froid, ni par la chaleur à 100°, ni par la conservation pendant plusieurs mois.

Séance du 28 Février 1938.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Choquet** : *Prolongements d'homéomorphies.* — M. **M. Brelot** : *Sur des extensions du balayage.* — M. **F. Leja** : *Sur certaines fonctions rationnelles extrêmales.* — M. **H. Delange** : *Sur certaines catégories de séries de polynômes.* — M. **B. Kwal** : *Une généralisation du principe variationnel et des équations canoniques d'Hamilton. Application à la théorie relativiste des assemblées corpusculaires.* — M. **M. Sébille** : *Sur le développement en série du mouvement autour d'une aile d'avion placée dans un champ quelconque.* — M. **R. d'Adhémar** : *Théorie du mouvement gyroscopique des projectiles. Les indéterminations.* — M. **B. Lyot** : *Observations de la couronne solaire et des protubérances faites au Pic du Midi en 1937.*

2° Sciences physiques. — M. **M. Matricon** : *Application de la méthode du champ self-consistant aux noyaux atomiques.* L'énergie normale entre particules identiques d'une force ordinaire a la même forme que l'énergie d'échange d'une force d'Heisenberg et inversement. La même réciprocité existe entre l'énergie due à une force de Majorana et l'énergie due à une force avec échange de la coordonnée de spin. — M. **J. Géhéniau** : *Les ondes sphériques en mécanique ondulatoire du photon.* La mécanique ondulatoire du photon permet de démontrer d'une façon générale et simple les théorèmes de conservation de moment d'impulsion total lors d'une émission multipolaire. — M. **J. Villey** : *Sur un procédé de mesure de la compressibilité adiabatique des liquides.* On peut mesurer indirectement, mais immédiatement, la compressibilité dynamique sous des pressions élevées, en étudiant le mouvement que prend un petit piston dans un cylindre rempli du liquide étudié, et percé d'un orifice étroit à sa partie inférieure, lorsque l'on applique sur la tête de ce piston, par le choc d'un mouton de masse M, une force $-M\gamma$ mesurée par l'enregistrement même de l'accélération γ du mouton. — M. **René Lucas** : *Sur les ondes longitudinales de fréquences très élevées dans les fluides visqueux.* Les résultats expérimentaux n'excluent pas une participation importante des ondes longitudinales à la conductibilité thermique. — M. **M. Dodero** : *Sur la force électromotrice du couple graphite-carbure de silicium.* L'étalonnage d'un couple graphite-carbure de Si doit s'effectuer entièrement par points sur toute la gamme des températures employées, car la formule proposée pour représenter la température en fonction de la f. é. m. n'est valable qu'entre 900° et 1300°. — MM. **J. L. Andrieux** et **M. Chêne** : *Sur la préparation, par électrolyse ignée, des phosphures métalliques, en particulier du phosphure de manganèse PMn.* Le phosphure PMn a été obtenu à l'état cristallisé en électrolysant, à l'aide du dispositif des auteurs, des bains de composition variée à base de métaphosphate de Na et d'oxyde ou de chlorure de Mn. — Mlle **M. Quintin** : *Rayon de l'ion cuivre dans les solutions de benzène-sulfonate.* Le rayon de l'ion Cu^{++} est plus grand dans le benzène-sulfonate que dans le sulfate, ce qui semble indiquer une influence de l'anion associé. — M. **Ch. F. Squire** : *L'anisotropie diamagnétique d'une molécule*

aromatique. La théorie de London donne seulement une petite augmentation de l'anisotropie quand on double les dimensions de la molécule. — MM. **G. Simon** et **J. Bouchard** : *Influence d'un champ magnétique transversal sur le pouvoir thermo-électrique du nickel et de divers ferronickels soumis à une traction.* Les résultats obtenus conduisent à rapprocher les propriétés thermo-électriques de la magnétostriction et s'accordent avec l'hypothèse suivant laquelle ces deux phénomènes peuvent s'interpréter à partir de bases communes. — Mme **Z. Soubarew-Chatelain** et M. **A. Berton** : *Spectres ultraviolets d'absorption du système MoO^3 — NaOH en solution diluée.* — MM. **P. Rumpf** et **F. Trombe** : *Un radical libre d'un type nouveau. Le paramagnétisme du perchlorate de tritolylamménium.* Les auteurs ont mis en évidence l'existence d'un paramagnétisme notable de la molécule de ce corps, ce qui prouverait l'existence d'un radical libre amménium $[(CH^3C^6H^4)^3N]^+$ à nombre impair d'électrons. — Mlle **S. Thévenet** : *Influence d'un même électrolyte sur la viscosité d'un sol de sulfure d'arsenic à différents stades de son évolution.* Lorsqu'on introduit des quantités croissantes d'un électrolyte dans un sol de As^2S^3, la viscosité du sol diminue d'abord, passe par un minimum et croît ensuite, mais le minimum n'est jamais inférieur à la valeur limite vers laquelle tend la viscosité au cours de l'évolution spontanée du sol. — M. **A. Boutaric** : *Application de la méthode dilatométrique à l'étude des gels colloïdaux.* Les courbes de dilatation des produits résineux que prépare l'industrie dépendent étroitement de la quantité d'eau qui subsiste dans la masse après la préparation. La présence d'eau entraîne de notables anomalies de dilatation qui s'atténuent au fur et à mesure de l'élimination de l'eau par chauffage. C'est seulement sur des échantillons entièrement privés d'eau adsorbée qu'on observe des accroissements de longueur variant linéairement avec la température. — MM. **L. Meunier** et **G. Vaissière** : *Sur la polymérisation de l'acétate de vinyle.* La polymérisation de ce corps par la chaleur en vase clos est d'autant plus rapide qu'il contient plus de peroxyde. — Mlle **F. Bloch** : *Sur les thioacides.* Ces corps se caractérisent par trois faits : ils se comportent comme RCOSH, on n'en connaît qu'un sel alcalin, ils donnent deux thio-éthers isomères. On explique ce dernier fait en admettant que lorsque H ou le métal alcalin est remplacé par un radical organique, ce dernier peut se fixer soit sur O, soit sur S. — M. **C. Zenghelis** et Mlle **C. Stathis** : *Hydrogénations catalytiques par le rhodium colloïdal.* Rh est un catalyseur d'hydrogénation beaucoup plus actif que les autres métaux précieux. Il agit comme hydrogénant dans les cas où les dits métaux ont provqué des réductions. Il réduit très facilement le carbonyle. Il réduit aussi l'aniline en ammoniaque et cyclohexane. — M. **H. Wahl** : *Synthèse du méthoxy-9-céto-5-tétrahydro-5. 6. 7. 8-phénanthrène.*

3° Sciences naturelles. — M. **Jean Cuvillier** : *Découverte de Lépidocyclines dans l'Oligocène d'Egypte.* — M. **Georges Deflandre** : *Sur le microplancton des mers jurassiques conservé à l'état de matière organique dans les marnes de Villers-sur-Mer.* Les microorganismes planctoniques conservés à l'état de matière organique appartiennent, comme ceux des silex, aux Dinoflagellés et aux Hystrichosphéridées. Le fait remarquable de la conservation de microstructures de la matière organique dans un milieu tel qu'une marne montre bien que la nature du milieu n'est pas seule en cause et que les circonstances de la fossilisation prennent une importance grandissante. — Mlle **Madeleine Fourcroy** : *Sur le mode de réduction des convergents.* Il existe une variabilité sensible dans le mode de réduction des convergents, puisque à l'intérieur d'un même genre, des modalités apparaissent. Chez *Pinus maritima*, extinction du pholème précédant la fusion des xylèmes qui se fait sans accélération évolutive. Chez *Pinus pinea*, réduction progressive et simultanée du pholème et du xylème; accélération évolutive de l'un des xylèmes qui fusionnent. — MM. **Daniel Danielopolu** et **Ion Marcou** : *Action de l'adrénaline sur les coronaires et la circulation générale après les diéthylaminométhylbenzodioxan (883 F).* Le 883 F diminue le débit veineux coronarien par vasoconstriction des coronaires, augmente le débit veineux fémoral par vasodilatation dans la circulation générale. Il atténue considérablement l'action vasoconstrictive de l'adrénaline (et par conséquent, son action hypertensive), ainsi que l'action vasodilatatrice de l'adrénaline sur les coronaires. — M. **René Guy Busnel** : *Influence du régime alimentaire sur la biochimie et la biologie du* Leptinotarsa decemlineata *Say à l'état d'insecte parfait : Action du* Solanym demissum *Dun. et des hybrides de cette plante.* La vie des insectes parfaits n'ayant à leur disposition que *S. demissum* se présente comme déficiente. Les insectes n'arrivant pas à constituer la somme normale de réserve (lipides et glucides), leur poids est très inférieur aux témoins; les mortalités sont accrues. Enfin ils restent plus longtemps exposés aux intempéries ce qui augmente leurs chances de destruction. Les insectes (enfouis ou non), qui sont encore vivants à l'automne, sont dans de mauvaises conditions physiologiques et écologiques pour l'entrée en hibernation. — M. **Paul Wintrebert** : *L'anneau d'induction mitogénétique de l'œuf d'Amphibien et la gastrulation bipartie.* — M. **Albert Berthelot** et Mlle **Germaine Amoureux** : *Sur la formation de l'acide indol-3-acétique par l'action du rayonnement ultraviolet sur le tryptophane.* L'acide indol-acétique peut se former par action de la lumière sur les solutions très diluées de tryptophane. Il semble que ce soit surtout le rayonnement ultraviolet, de longueur d'onde inférieure à 2.900 Å, qui intervienne. Il semble donc possible que cette hétéro-auxine puisse se former comme les auxines vraies, sous l'action de la lumière, au moins à diverses phases du développement des plantes et dans certains de leurs organes. — MM. **Albert Demolon** et **Antoine Dunez** : *Observations agronomiques sur la symbiose bactérienne des légumineuses.* En l'absence de symbiose même en présence d'azote minéral, la teneur centésimale de la plante en N est légèrement abaissée, mais c'est surtout la quantité d'azote à l'hectare qui se trouve augmentée par la symbiose. C'est donc sur la productivité que l'effet de celle-ci apparaît le plus nettement. La symbiose se traduit en outre par une action de stimulation qui accroît la vigueur végétative de la plante. Pratiquement l'intérêt de la

symbiose sera d'autant plus marqué que le milieu sera moins riche en azote et qu'il s'agira d'une plante susceptible d'une plus grande productivité. Les bactériophages isolés de diverses légumineuses ont tous assuré la lyse des *B. radicicola* de groupes différents. Les bactériophages n'ont donc pas la spécificité présentée par les *B. radicicola*.

Séance du 7 Mars 1938.

La Section d'Anatomie et Zoologie présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. Ch. Gravier : 1° M. **Em. Roubaud** ; 2° MM. **R. Anthony, Ed. Chatton, L. Fage, Et. Rabaud, P. Wintrebert**. L'Académie ajoute à la liste M. **Chr. Champy**.

1° Sciences mathématiques. — M. **W. Doeblin** : *Etude de l'ensemble de puissances d'une loi de probabilité.* — M. **R. Fortet** : *Résolution d'un système d'équations de M. Schrödinger.* — M. **H. Eyraud** : *Sur certaines décompositions en aléatoires imaginaires.* — M. **M. Zorn** : *Sur le lemme de Schwarz.* — M. **E. Vessiot** : *Sur la recherche des équations* $F(x, y, z, p, q, r, s, t) = 0$ *intégrables par la méthode de Darboux.* — M. **S. Mandelbrojt** : *Applications d'un théorème sur les arguments des singularités.* — M. **A. Gorny** : *Sur les fonctions indéfiniment dérivables sur tout l'axe réel.* — M. **G. Valiron** : *Sur les directions de Borel des fonctions algébroïdes méromorphes d'ordre infini.* — M. **A. Denjoy** : Sur les singularités d'une fonction analytique définie par un élément. — M. **L. Lecornu** : *Sur le découpage d'un corps solide.* — M. **R. Tremblot** : *Les étoiles multiples spectroscopiques 52 et 58 Persée.* D'après les observations de l'auteur, le premier de ces astres serait un système double, le second un système triple. — MM. **P. Lejay** et **Chang Hung Chi** : *Mesures de gravité dans le sud de la Chine.*

2° Sciences physiques. — M. **Th. Kahan** : *Choc entre un neutron de grande énergie et un proton, traité par la méthode d'approximation de Born.* — MM. **M. Valadares** et **F. Mendes** : *Etude de satellites Lα pour l'élément 82 (Pb).* La bande complexe qui prolonge α_1 du côté des courtes longueurs d'onde a pu être décomposée en une dizaine de raies dont les auteurs donnent les longueurs d'onde. — M. **G. Emschwiller** : *Oxydation photochimique de l'iodure de méthylène ; production d'anhydride iodique.* L'oxydation en système clos est compliquée de phénomènes de catalyse oxydante, qui peuvent aussi intervenir dans une faible mesure dans les expériences par circulation d'oxygène. — M. **R. Audubert** : *Sur le spectre d'émission ultra-violet de la dissociation thermique lente de l'azoture de sodium.* L'auteur met en évidence l'existence de quatre bandes situées comme pour N^3Ag aux longueurs d'onde suivantes : 1975 ± 25, 2150 ± 25, 2300 ± 35, 2400 ± 40. — MM. **F. Joliot et I. Zlotowski** : *Sur l'énergie des groupes de protons émis lors de la transmutation du bore par les rayons α.* — Mlle **M. Théodoresco** : *Sur le spectre Raman de quelques molybdates en solution aqueuse.* Les résultats de l'auteur permettent d'affirmer l'existence en solution des sels d'ammonium et de sodium, qui ne sont pas des sels doubles. — M. **V. Auger** et Mlle **N. Ivanoff** : *Arséniate ammoniaco-magnésien et arséniates alcalino-terreux.* — MM. **Ch. Dufraisse** et **J. Houpillart** : *Synthèses dans la série du naphtacène : la naphtacènediaquinone.* Cette quinone a été obtenue en cyclisant l'acide diphénylfulgénique en solution sulfurique à 70°. Elle se présente en cristaux rouge foncé fondant instantanément à 322°.

3° Sciences naturelles. — M. **Bernard Gèze** : *La genèse des phosphorites du Quercy.* Les gisements de phosphorite du Quercy sont d'anciennes formes karstiques (gouffres d'érosion et galeries de ruisseaux souterrains) creusées par les eaux éocènes dans une pénéplaine soulevée et gauchie par les mouvements lutétiens. La genèse des dépôts de phosphorite s'expliquerait par le concrétionnement, sur les parois calcaires des gouffres, de solutions de phosphate résultant de l'évolution superficielle d'argiles de décalcification et d'alluvionnement, antérieures au creusement des gouffres, et dans lesquelles le phosphore, provenant des résidus du calcaire jurassique, aurait été remis en mouvement, grâce au climat tropical de l'Eocène, par un processus de latéritisation peu poussé. — M. **Otto Munerati** : *Emploi des composés rhizogènes pour favoriser la formation des racines et celle des tiges florifères sur les collets de la betterave.* Parmi les divers composés expérimentés l'acide β-indol-butyrique possède, au plus haut degré, le pouvoir en question. — Mme **Robert Douin** : *Sur la sensibilité photogéotropique du sporogone des Hépatiques.* Contrairement à l'opinion de Nemec, les sporogones de *Pellia calycina* sont tous franchement sensibles à l'action de la pesanteur. Ils sont en outre extrêmement sensibles à la lumière (le seuil étant compris entre 0,5 lux et 1 lux). On conçoit donc que dans la nature leur orientation soit déterminée par la lumière et qu'ils puissent parfois croître dans une direction non parallèle à celle de la pesanteur. — M. **André Mirimanoff** : *Vitamine C et chlorophylle.* La richesse en acide ascorbique des Végétaux est surtout fonction de la structure anatomique. Certains organes (bulbes, racines, tiges) sont pauvres en facteur C, d'autres semblent l'accumuler (feuilles, fleurs), ceci indépendamment de leur richesse en chlorophylle. Les pétioles sont très pauvres. D'une manière générale la valeur antiscorbutique d'un végétal ne dépend pas de la présence de la chlorophylle. — M. **René Souèges** : *Embryogénie des Portulacées. Développement de l'embryon chez le* Portulaca oleracea *L.* Les observations résumées dans la présente Note, démontrent que l'embryon du *Portulaca* se sépare de celui des Caryophyllacées et s'apparente à celui des Primulacées.

(*A suivre.*)

Le Gérant : Gaston Doin.

Ste Gle d'Imp. et d'Ed., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 6-38.